ROČNÍK V/2001
ČÍSLO 5

Stavebnice a konstrukce A Radio

Vydavatel: AMARO spol. s r. o.

Redakce:

šéfredaktor : Alan Kraus, *kraus@jmtronic.cz*

Redakce: Na Beránce 2, 160 00 Praha 6

tel.: (02) 22 81 23 19

Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 30 Kč.

Roční předplatné 156 Kč.

Rozšiřuje PNS a. s., Transpress spol s r. o.

Mediaprint & Kapa a soukromí distributoři.

Objednávky a předplatné v České republice

zajišťuje Amaro spol. s r. o. - Michaela

Jiráčková, Hana Merglová

(Radlická 2, 150 00 Praha 5

tel.: (02) 57 31 73 12, 57 31 73 13) , PNS.

Distribúciu, predplatné a inzerciu pre

Slovenskú republiku zabezpečuje:

Magnet-Press Slovakia s.r.o., P.O.Box 169,

830 00 BRATISLAVA

tel./fax: 02/44 45 45 59 - predplatné

tel./fax: 02/44 45 06 97 - predplatné

tel./fax: 02/44 45 46 28 - administratíva

tel./fax: 02/44 45 06 93 - inzercia

e-mail: magnet@pres.sk

Sídlo firmy: Teslova 12, 821 02 Bratislava

Podávání novinových zásilek povoleno

Českou poštou - ředitelstvím OZ Praha

(č.j. nov 6280/97 ze dne 22.8.1997).

Inzerci v ČR přijímá Amaro s. r. o.

Radlická 2, 150 00 Praha 5

tel.: (02) 57 31 73 11

MKČR 7792

ISSN 1212-1843

Obsah



Obsah 1

Profesionální mixážní pult MCX - vstupní modul. . 2

Koncový zesilovač 2x 70 W s TDA7294 20

Zdroj symetrického napájecího napětí. 24

Řečový filtr. 26

Fotosenzor s LED. 28

Indikátor impulsů. 29

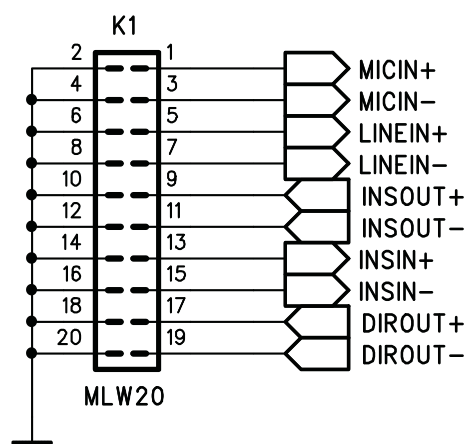
Nabídka stavebnic 30

Objednací lístek pro předplatitele 32

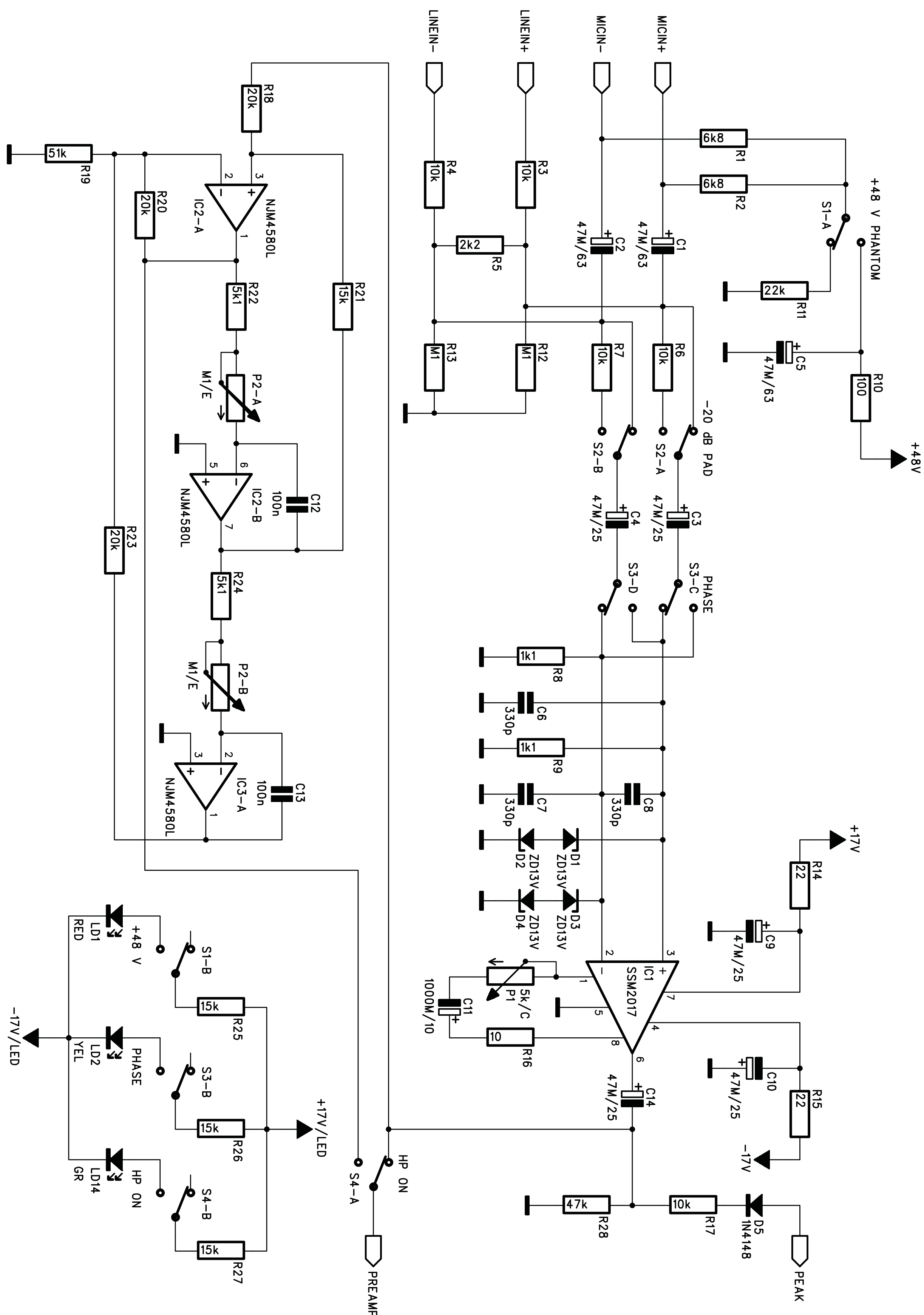
Profesionální mixážní pult MCX

Alan Kraus

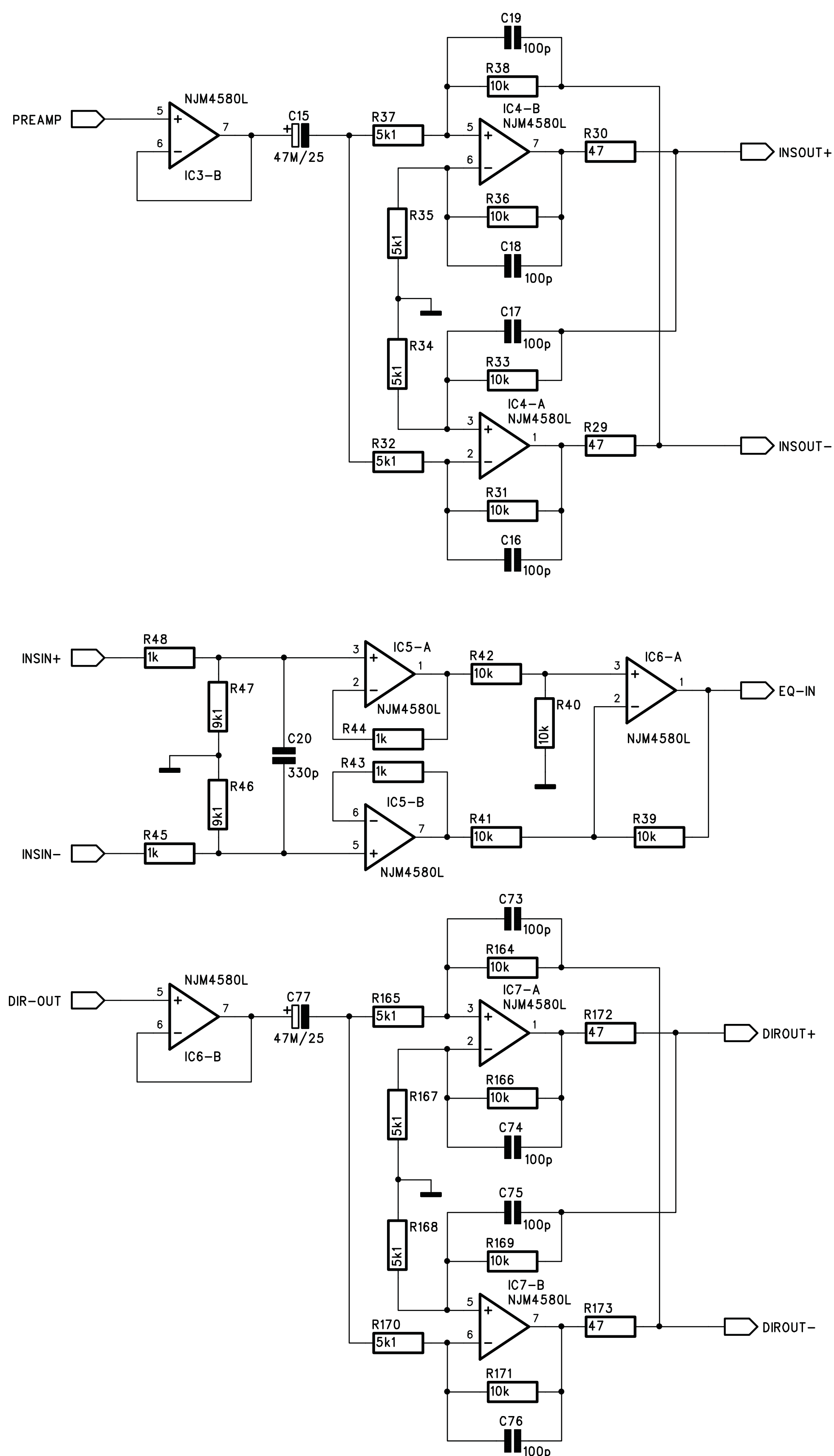
Na stránkách radioamatérských časopisů bylo již uveřejněno několik popisů mixážních pultů. Většinou se ale jednalo o relativně jednoduchá zařízení (zejména pokud jde o možnosti nastavení). Proto jsem často žádán o uveřejnění konstrukce mixážního pultu, který by byl funkčně srovnatelný se střední třídou zahraničních továrních zařízení. Po určitém útlumu, který nastal ve "zvukařské branži" počátkem devadesátých let díky zásadním změnám ve společnosti, se dnes na scéně objevuje řada nových skupin, které potřebují vlastní technické zařízení. Mixážní pult patří k základnímu vybavení. Pořízení kvalitnějšího



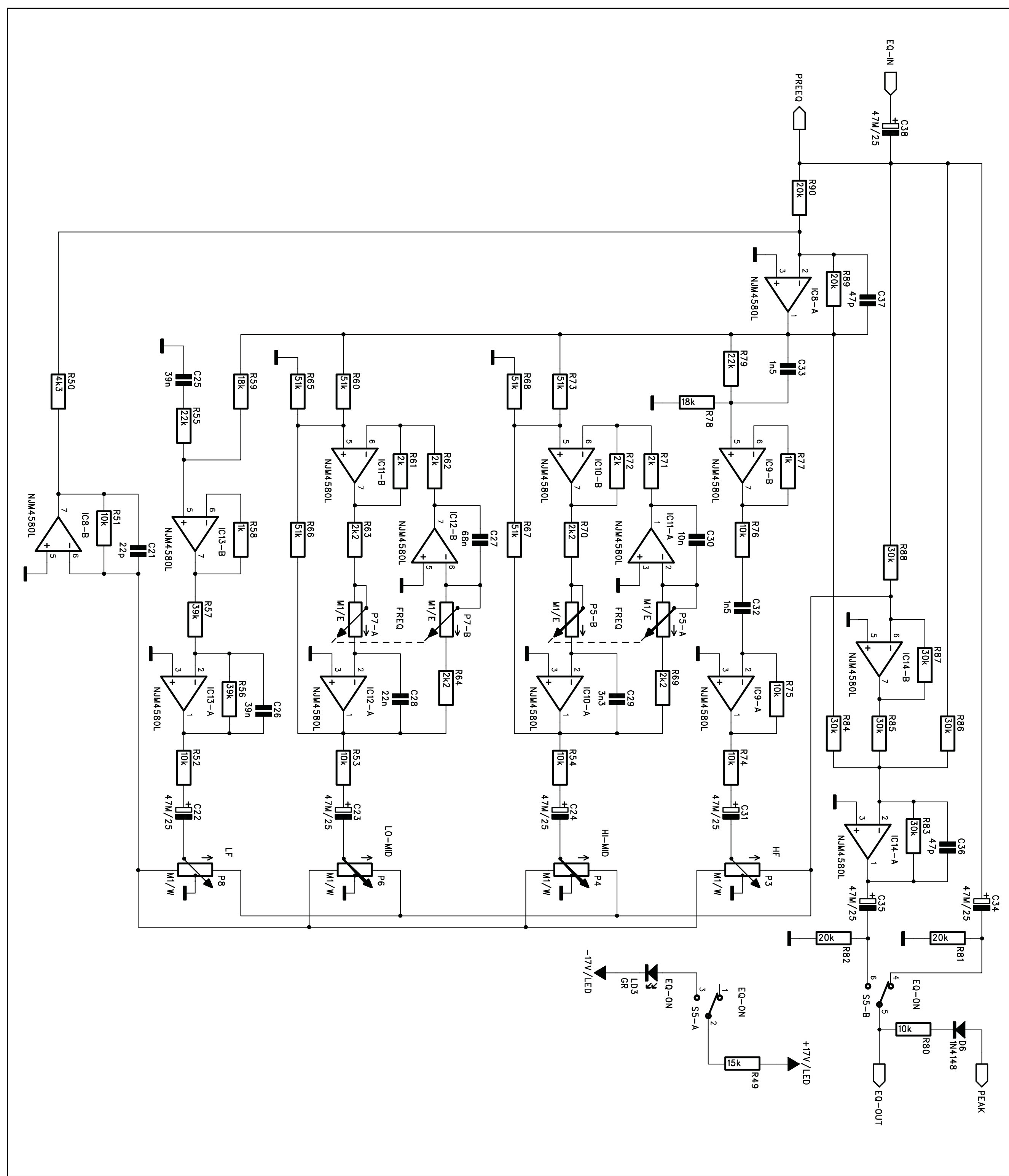
Obr. 1. Zapojení vstupního konektoru



Obr. 2. Schéma zapojení vstupů a horní propusti monofonní vstupní jednotky pultu MCX

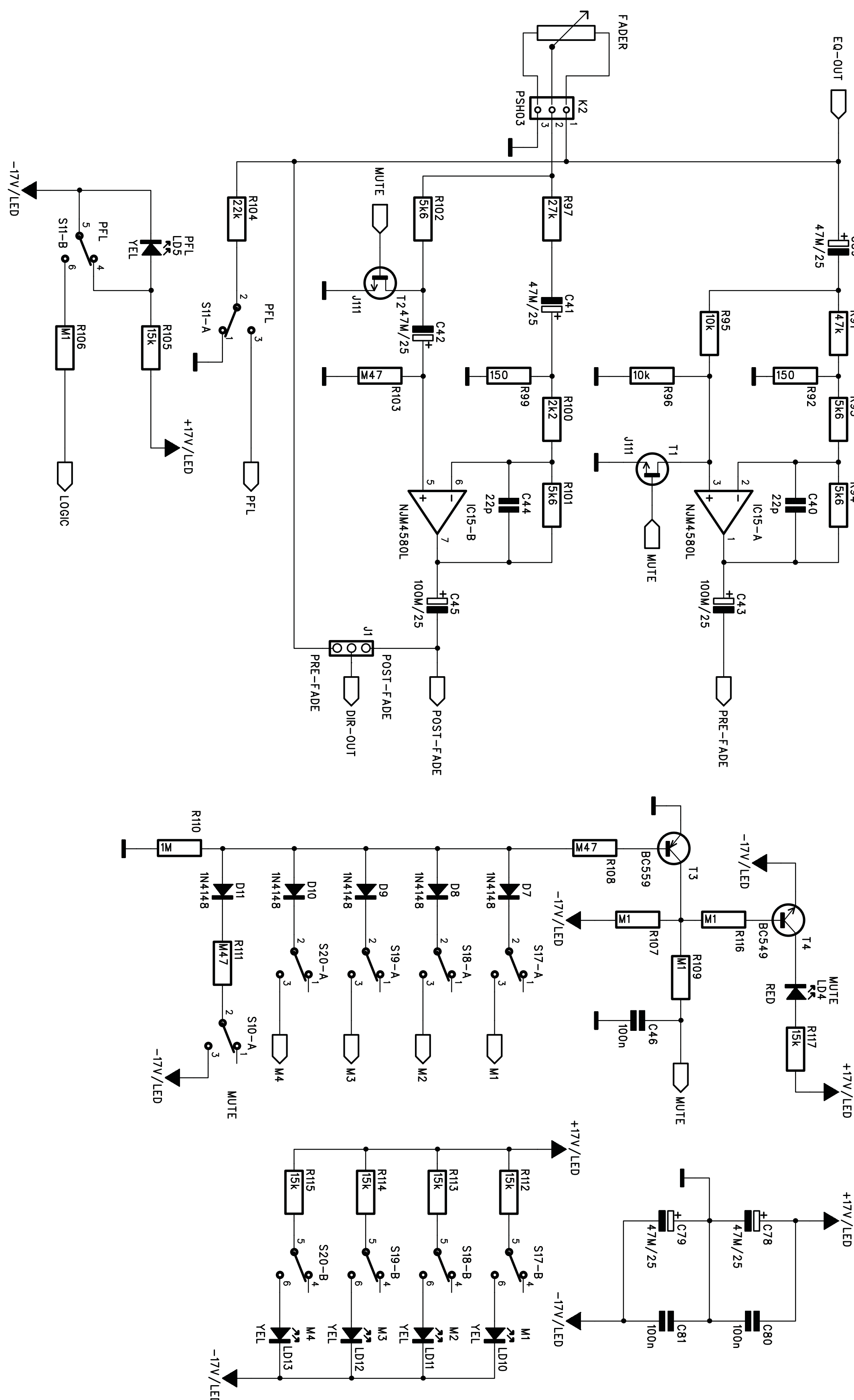


Obr. 3. Schéma zapojení symetrických vstupních a výstupních obvodů (insert a direct-out)

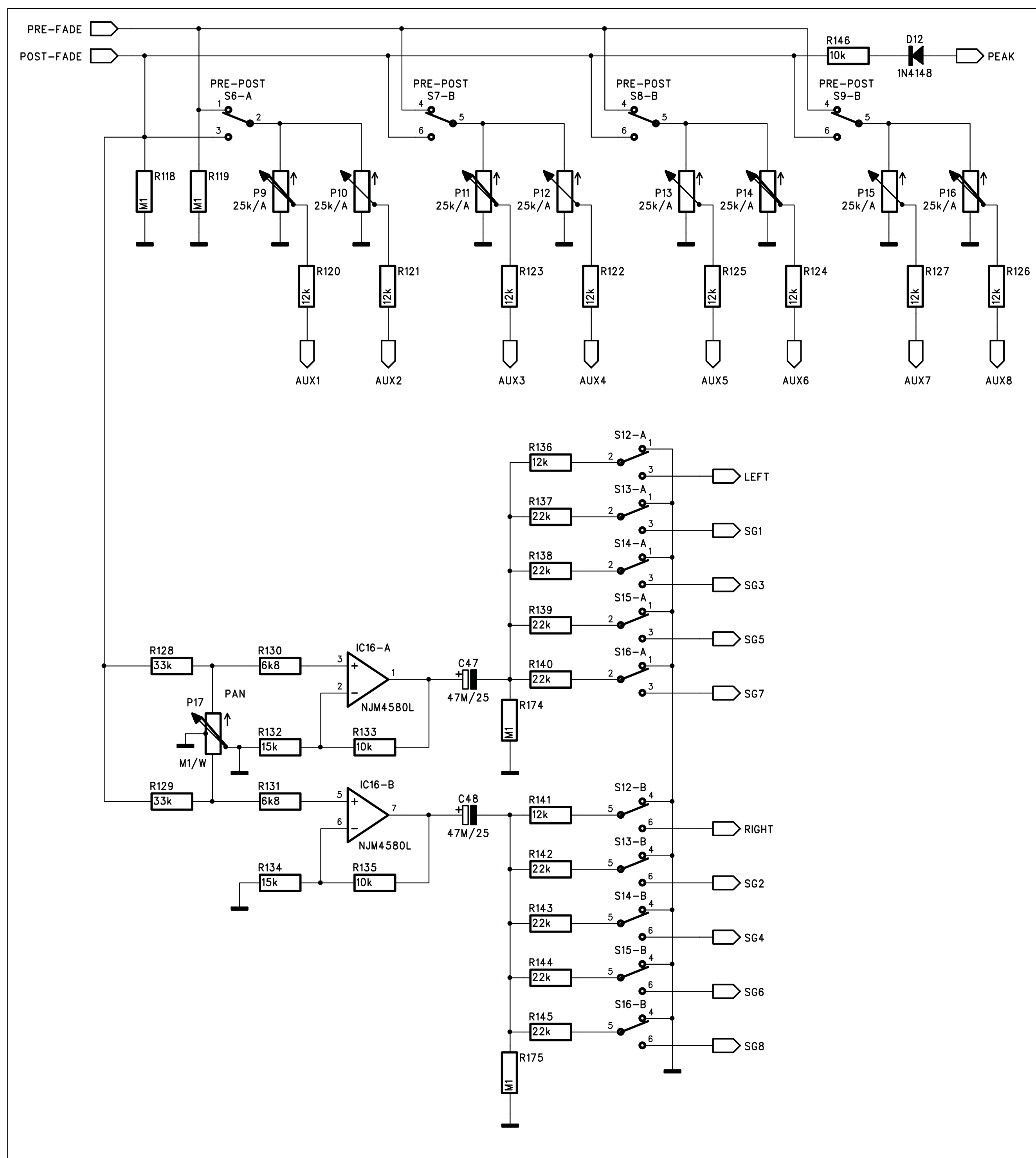


Obr. 4. Schéma zapojení čtyřpásmových parametrických korekcí vstupní jednotky pultu MCX

továrního mixážního pultu je však záležitost mnoha desítek tisíc korun. Protože se i u zahraničních výrobců jedná většinou o malosériovou výrobu, jsou tato zařízení vůči pořizovací ceně součástek poměrně drahá. Je zde tedy prostor pro amatérskou stavbu, při které může být cena zařízení až o 50 % nižší než u srovnatelného továrního výrobku. Na druhé straně jsou v těchto zařízeních používány některé nestandardní součástky, které jsou buďto špatně dostupné nebo prakticky nesehnatelné. Jedná se zejména o některé speciální hodnoty potenciometrů, miniaturní tlačítkové přepínače, tahové potenciometry apod. Také výroba mechanických dílů



Obr. 5. Schéma zapojení obvodů MUTE a obvodu tahového regulátoru (FADER) se zesilovačem

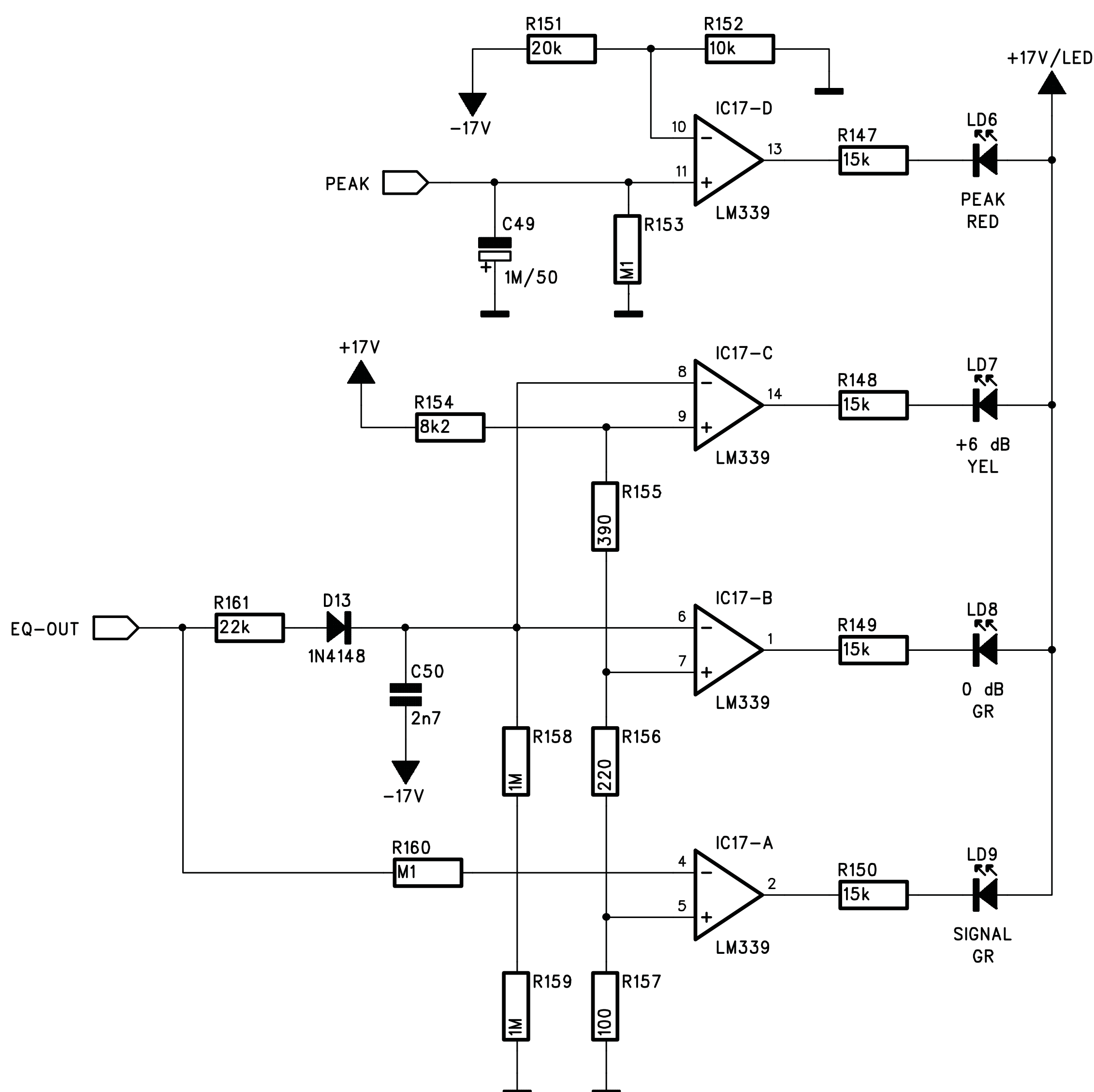


Obr. 6. Schéma zapojení výstupů AUX a obvodu panoramy s přepínači podskupin

včetně povrchové úpravy (lak a potisk) je značně náročná. Tyto aspekty asi většinu potenciálních zájemců od stavby odradí. Protože se nám již před časem podařilo zajistit většinu kritických součástek (které používáme i pro další konstrukce), rozhodli jsme se pro konstrukci mixážního pultu, který by technickými parametry a vybavením byl plně srovnatelný se zahraničními výrobky. Je samozřejmé, že takovéto zařízení si nebudou stavět tisíce radioamatérů, ale některá zajímavá obvodová řešení lze použít i v řadě jiných aplikací.

Koncepce pultu

Při úvahách o celkovém řešení jsem vycházel z požadavku, aby pult splňoval současné nároky na kvalitní mixážní pult pro živé hraní. I když je možný provoz mixážního pultu i v malém domácím studiu, celková



Obr. 7. Schéma zapojení obvodu VU-metru a špičkového indikátoru

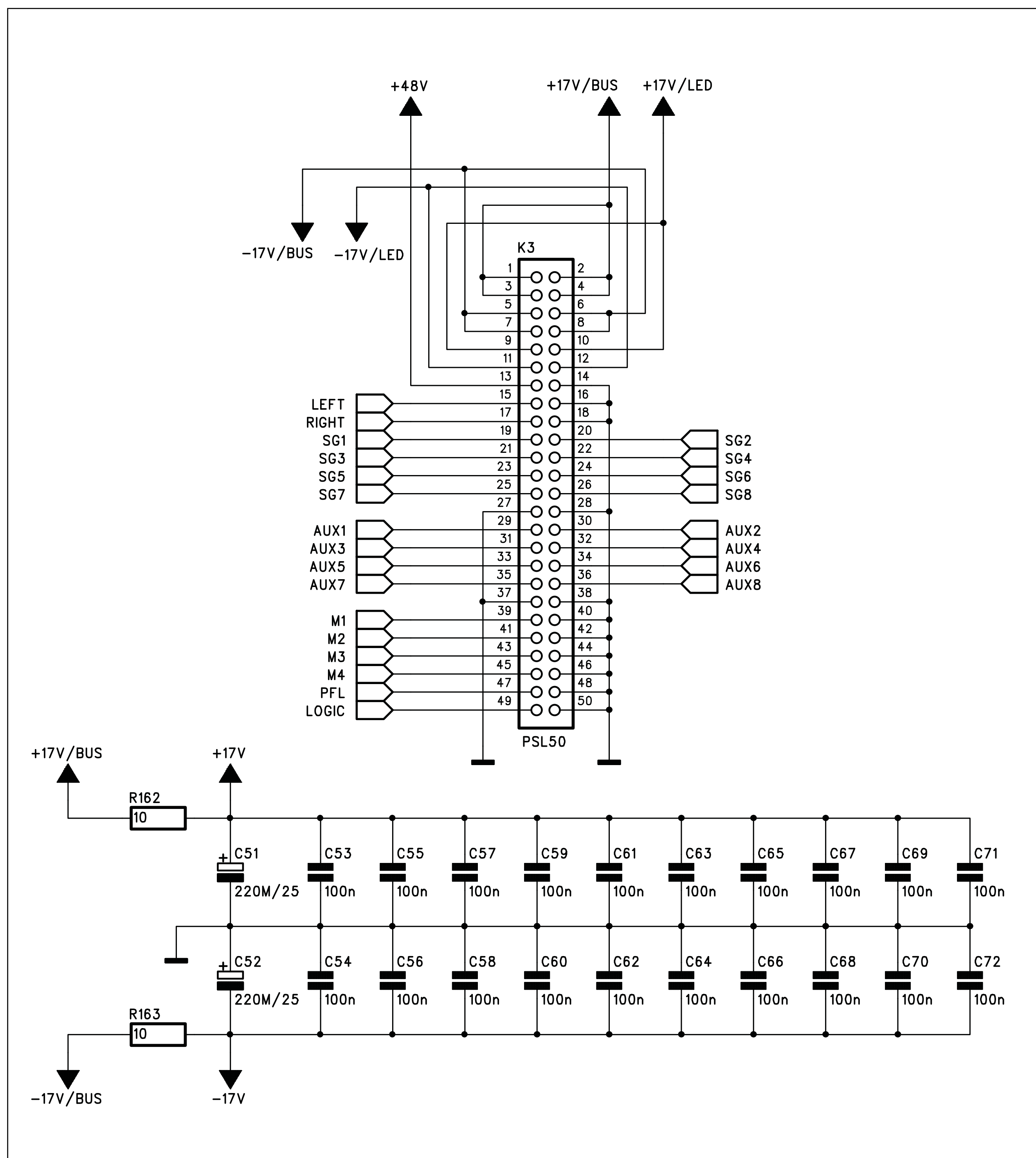
koncepce je orientována především na pódiové zvučení. Přitom jsem vycházel z vlastní letité praxe v tomto oboru. Protože nároky jednotlivých zvukařů na počet vstupních modulů jsou velmi různé, je pult řešen modulově. Řešení se samostatnými moduly pro každý vstup/výstup je sice elegantní, ale zvyšuje cenu a klade značné nároky na mechanické provedení skříně z důvodů torzní tuhosti. Jako kompromis jsem vybral řešení se vstupními moduly po osmi vstupech, což umožňuje následující varianty počtu vstupů: 16, 24, 32 a 40. To by mělo být dostatečné i pro hodně "nenasytného" zvukaře. Pokud někomu je i toto málo, "amatérská" konstrukce by ho asi stejně nezajímala a dá přednost nákupu továrního zařízení za cenu od půl milionu výše.

Dalším důležitým kritériem je "vybavení" pultu, to jest možnosti úpravy signálu (korekce, filtry, připojitelnost dalších efektů - insert, počet podskupin, sběrnic apod.). V tomto ohledu je pult řešen mírně nadstandardně (samozřejmě v rámci dané kategorie).

Mixážní pult je navržen pro 16 až 40 monofonních vstupů s osmi podskupinami (SUBGROUPS), osmi sběrnicemi AUX, z nichž jsou vždy dvě přepínatelné před a za tahovým potenciometrem (PRE-FADE a POST-FADE). Jednotlivé moduly jsou v nosném rámu, konektory umístěny jsou na zadní straně pultu. Napájení je z externího napájecího zdroje v 19" skříňce.

Vstupní modul

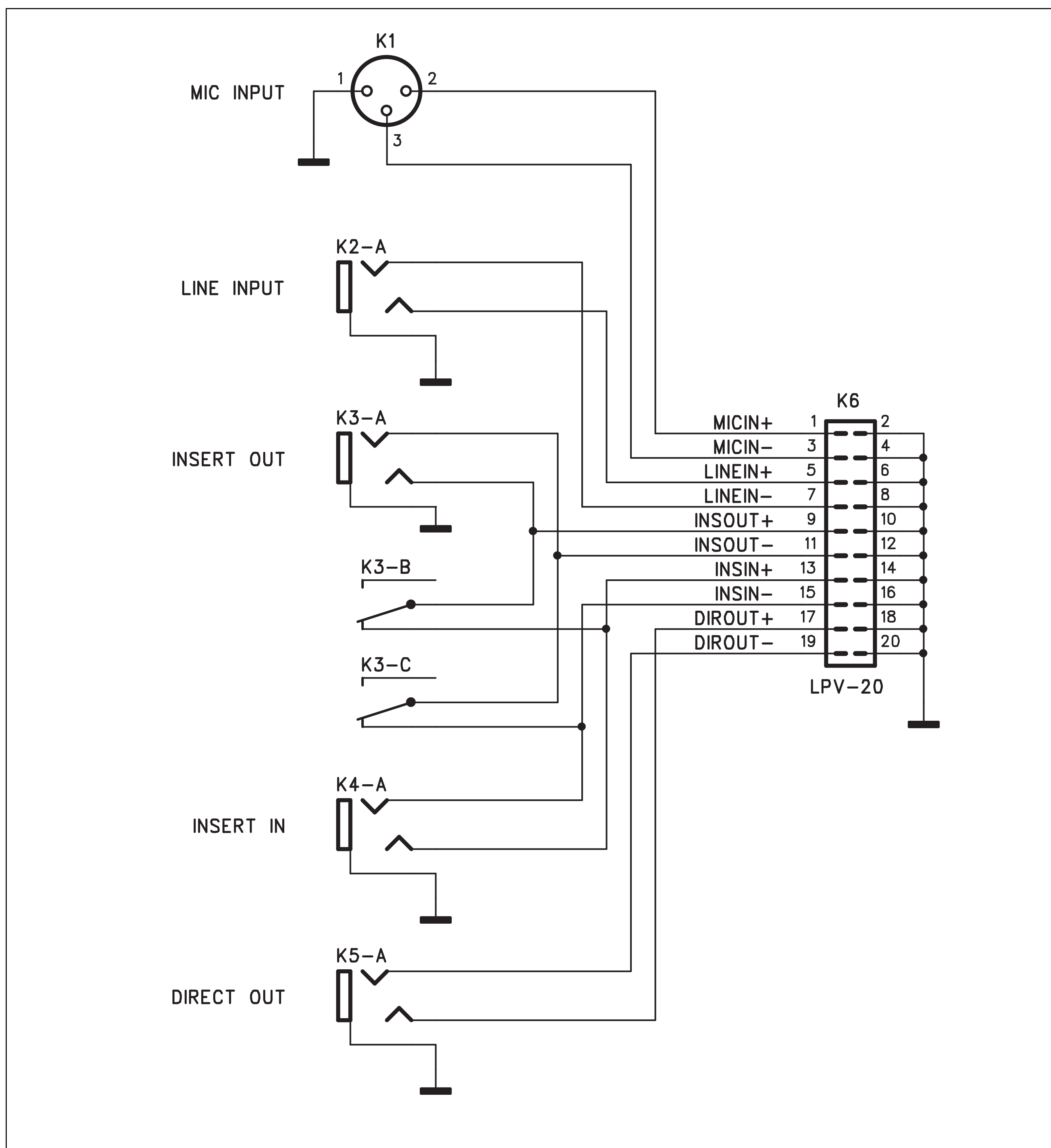
Při návrhu pultu jsem se snažil o kompromis mezi co nejvyšším komfortem obsluhy a zachováním rozumné složitosti zapojení. Dalším



Obr. 8. Schéma zapojení sběrnice s konektory PFL/PSL 50 a napájecí obvody vstupní jednotky

faktorem je konstrukční omezení maximální délky desky s plošnými spoji na 500 mm (což je technologický limit našeho dodavatele DPS).

Proto byly vstupní/výstupní konektory umístěny na samostatné desce s plošnými spoji. To současně umožňuje umístit konektory na zadní stranu pultu. Deska konektorů je s deskou vstupů propojena plochým 20-žilovým kabelem s konektory PFL/PSL. Všechny vstupní i výstupní obvody pultu (včetně připojení insert) jsou elektricky symetrické. Modul má dva vstupy - linkový (jack) a mikrofonní (XLR). Na vstupu je vypínač phantom napájení (+48 V) s indikací LED, vypínač útlumu (-20 dB PAD) a přepínač fáze (0°, 180°) s indikací. Následuje potenciometr zisku (GAIN) a plynule přeladitelná horní propust (hlukový filtr) s rozsahem od 10 Hz do 250 Hz a vypínačem (HP-ON). Za filtrem je zařazen výstup/vstup insert

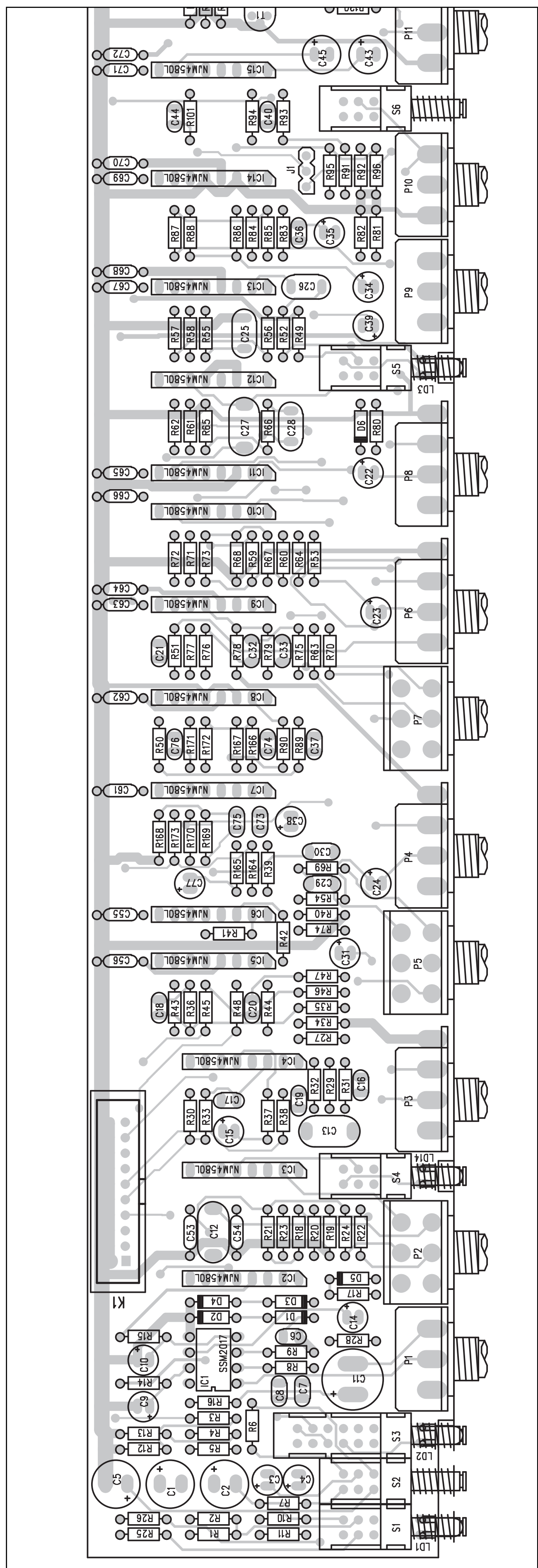


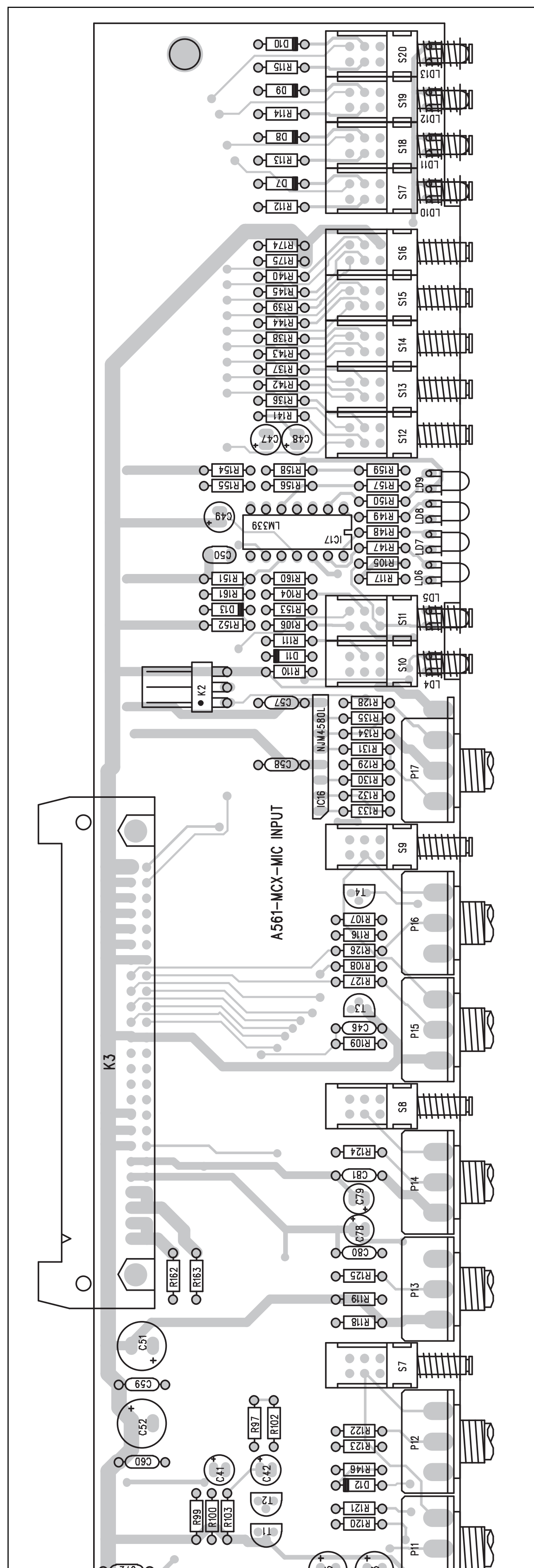
Obr. 9. Schéma zapojení pomocné desky konektorů vstupní jednotky pultu MCX

dvojicí konektorů jack. Jak insert-výstup, tak i insert-vstup jsou elektricky symetrické.

Vstupní modul je osazen čtyřpásmovými korekcemi, kde oboje středy jsou plynule přeladitelné. Tyto korekce jsou dnes standardem u většiny mixážních pultů obdobné kategorie. Equaliser lze vypnout (EQ-ON). Za korekcemi následují obvody MUTE, které potlačují signál jednak před sběrnicemi AUX 1-8 a také za tahovým regulátorem (FADER). Kromě standardní možnosti vypnout vstup (MUTE) je na každém vstupu ještě další čtveřice tlačítkových vypínačů M1 až M4. Jejich stisknutím (s LED indikací) můžeme předvolit až 4 nastavení (zapnutí či vypnutí jednotlivých vstupů), které se zapíná čtveřicí tlačítek na výstupní jednotce.

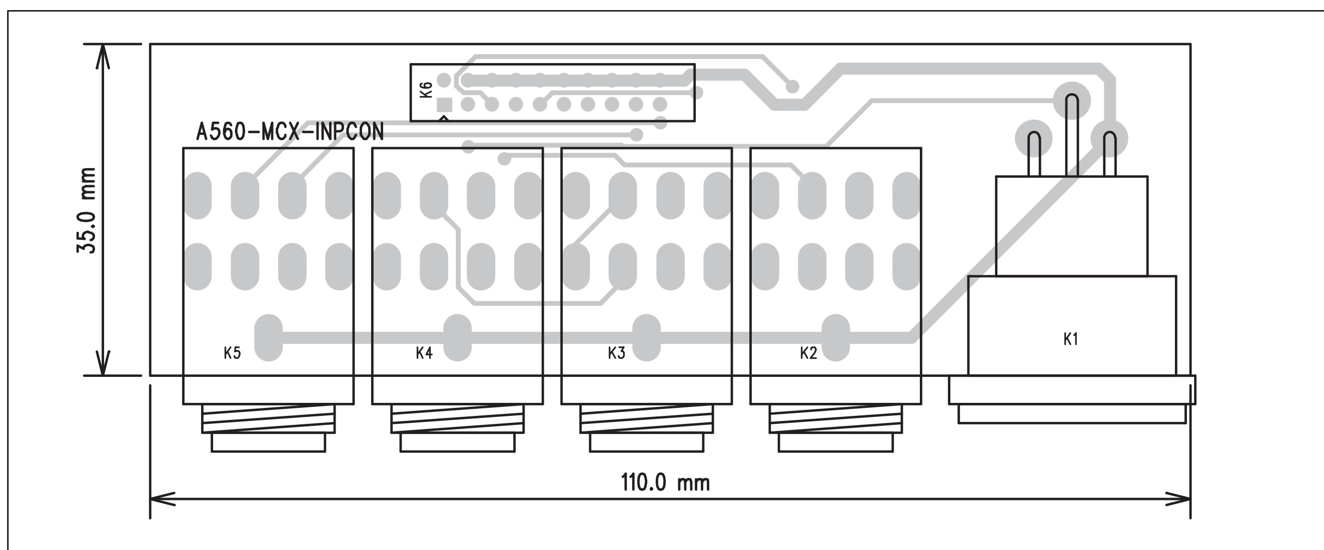
Jednotka nemá pevně určeny výstupy pro monitory a efekty. Každý vstup je osazen čtyřmi dvojicemi výstupů AUX. Každou dvojici můžeme libovolně připojit před nebo




A561-MCX-MIC INPUT

A561-TOP

A561-BOTTOM



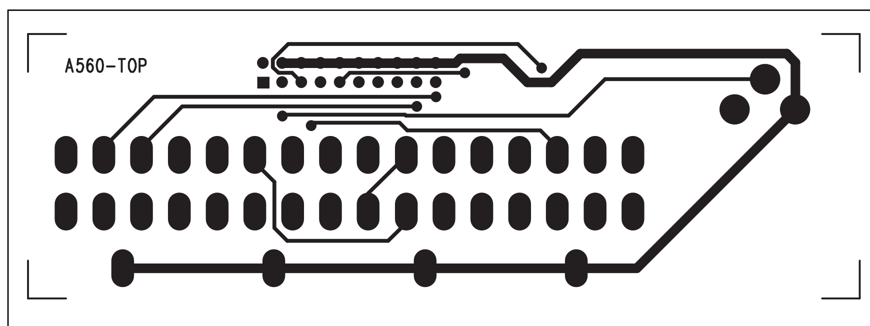
Obr. 13. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji pomocné desky konektorů vstupní jednotky

za tahový regulátor (PRE-FADE nebo POST-FADE). To umožňuje použít pult například jako pódiový odposlech s 8 monitorovými kanály. Na výstupu pultu je potenciometr panoramy (PAN) s možností připojení hlavních výstupů (L, R) nebo osmi podskupin (SG 1-2 až SG 7-8).

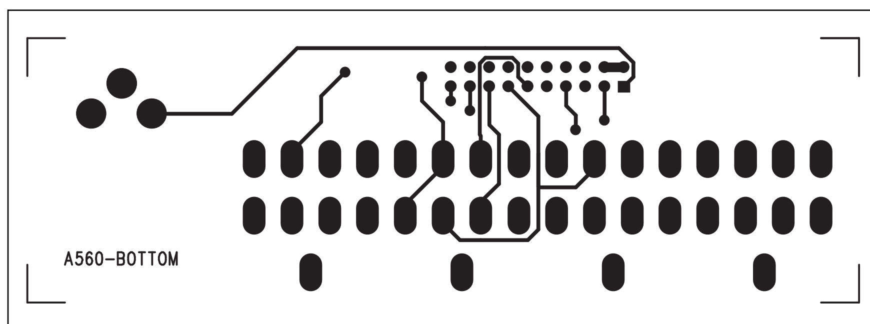
Pro orientační kontrolu signálu je na každém vstupu čtveřice LED, indikující přítomnost signálu (SIGNAL), úrovně 0 dB a +6 dB a PEAK (-4 dB pod limitací). Signál je monitorován na výstupu equaliseru, špičkový indikátor PEAK sleduje úroveň na více místech vstupní jednotky. Vstupní jednotka je vybavena přímým výstupem (např. pro vícestopý magnetofon), který lze interně (jumperem) připojit na výstup equaliseru (PRE-FADE) nebo za tahový potenciometr (POST-FADE). Pro kontrolu signálu před tahovým regulátorem slouží tlačítko PFL s indikací LED.

Popis zapojení

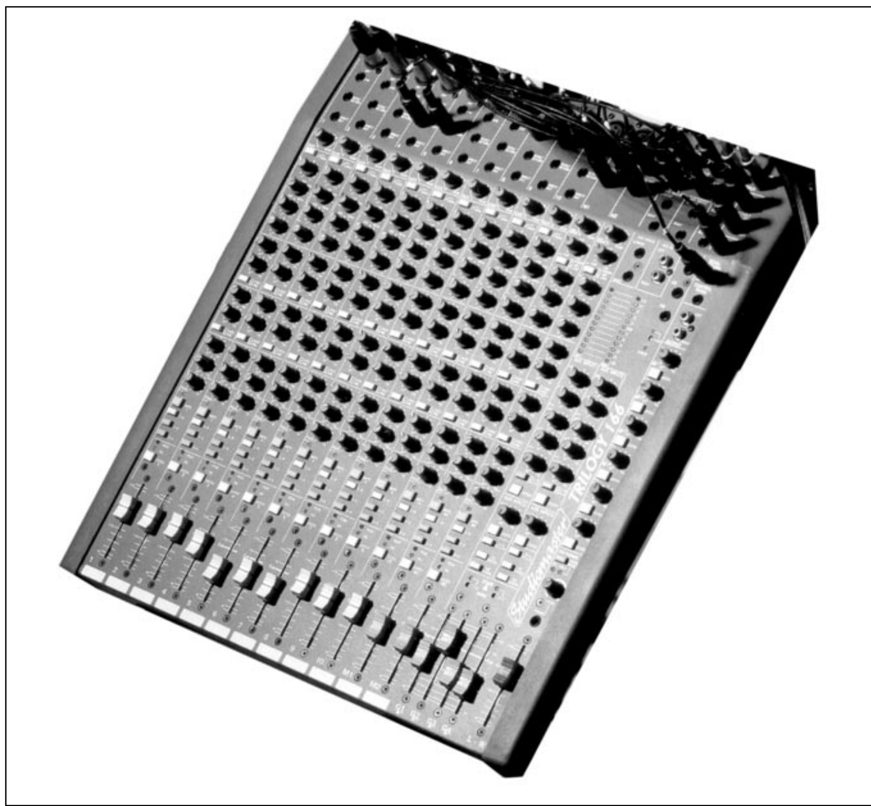
Vstupní a výstupní signály jsou na desku přivedeny plochým kabelem do konektoru K1. Zapojení konektoru je na obr. 1. Vstupní obvody mikrofonní jednotky jsou na obr. 2. Signál z mikrofonu je připojen k oddělovacím kondenzátorům C1 a C2. Protože přes odpory R1 a R2 se na vstup připojuje phantom napájecí napětí +48 V, musí být C1 a C2 dimenzovány na 63 V. Na linkovém vstupu je zapojen útlumový článek R3 až R5. Další útlumový článek (-20 dB) se připojuje přepínačem S2. Přepínač S3 umožňuje obrácení polarity vstupního signálu. To je současně indikováno LED LD2. Jako mikrofonní předzesilovač je použit obvod SSM2017. V současnosti se jedná o výběhový typ od firmy Analog Devices, který by měl být v nejbližší době (???) nahrazen funkčně i vývodově kompatibilním obvodem od firmy THAT s údajně ještě lepšími vlastnostmi. Kondenzátory na vstupu SSM2017 filtrují případné vf rušení, čtveřice Zenerových diod D1



Obr. 14. Pomocná deska konektorů - strana součástek (TOP)



Obr. 15. Pomocná deska konektorů - strana spojů (BOTTOM)



až D4 chrání vstupy obvodu proti přepětí. Napájecí napětí pro SSM2017 je dodatečně filtrováno kondenzátory C9 a C10. Zesílení obvodu určuje potenciometr P1. Na tomto místě musí být provedení s exponenciálním průběhem (C). Na výstupu SSM2017 je první místo obvodu, kde je monitorována úroveň signálu pro špičkový indikátor (PEAK). Dále signál pokračuje na obvod přeladitelné horní propusti s obvody IC2 a IC3A.Dvojitým potenciometrem P2 (opět s exponenciálním průběhem) se nastavuje mezní kmitočet v rozsahu 10 Hz až 250 Hz. Přepínačem S4 můžeme horní propust vypnout, což současně indikuje LED LD3.

Za vstupními obvody je připojen výstup a vstup insert. Schéma výstupních a vstupních obvodů je na obr. 3. Pro výstupní obvody je použito již klasické zapojení s tzv. "servo-balanced" zpětnou vazbou, které zajišťuje stejnou výstupní úroveň signálu pro symetrické i nesymetrické zapojení. Na obr. 3 jsou oba výstupní zesilovače, a to jak pro insert (INSOUT+ a INSOUT-), tak pro přímý výstup (DIROUT+ a DIROUT-). Pro návrat signálu ze vstupu insert je použito přístrojové zapojení OZ s IC5 a IC6A. Výstupní a vstupní signál insert je vzájemně propojen na desce konektorů (v případě nezapojení jacku do konektoru INSERT-OUT).

Za konektory insert následuje čtyřpásmový equaliser. Schéma zapojení je na obr. 4. Zapojení equaliseru je proti mnoha jiným výrazně složitější. Výhodou popsaného řešení jsou menší fázové posuvy korigovaného signálu, což se projevuje velmi čistým zvukem. K tomu přispívají i použité operační zesilovače NJM4580L, které byly vyvinuty speciálně pro použití korekčních obvodech nf zařízení. Pro potenciometry zdvihu/potlačení (P3, P4, P6 a P8) byl použit typ s mechanickým klikem a odbočkou ve středu dráhy. To zaručuje skutečně lineární průběh kmitočtové charakteristiky ve střední poloze. Navíc dráha typu "W" linearizuje závislost zdvihu/potlačení (v dB) na úhlu otočení potenciometru. Tandemové potenciometry pro nastavení kmitočtu obou středových pásem jsou opět s exponenciálním průběhem odporové dráhy. Přepínačem S5 (EQ-ON) můžeme korekce vypnout. Zapnutí je indikováno LED LD3. Na výstupu equaliseru je další místo, kde je připojen špičkový indikátor (PEAK).

Dalším obvodem, který následuje za equaliserem, je obvod MUTE. Funkce MUTE potlačuje signál, zpracovávaný vstupní jednotkou. Protože některé sběrnice (např. AUX) mohou být zapojeny ještě před tahovým regulátorem (FADER), je nutné zajistit možnost odpojení signálu (vypnutí jednotky) ještě před



tahovým regulátorem. V jednodušším případě stačí na výstup equaliseru zapojit vypínač. Popisovaný pult má ale možnost centrálního ovládání čtyřech volitelných skupin MUTE (M1 až M4). Funkce MUTE musí být tedy řízena elektronicky. Ideální by bylo použít analogové spínače například řady DG, což je ale velmi nákladné řešení. Běžné obvody CMOS (4066 apod.) jsou sice levné, ale záporem je omezené napájecí napětí max. +18 V. To by znamenalo snížit děličem úroveň signálu na polovinu a za spínačem opět zesílit. Kromě složitosti je nevýhodou snížení dynamiky signálu. Jako optimální řešení se proto jeví použití tranzistoru JFET v odporovém děliči. Typ J111 se vyznačuje velmi nízkým odporem kanálu při nulovém napětí na řídicí elektrodě (max. 30 ohmů). Pokud se použije v zapojení podle obr. 5, kdy je odpor kanálu v sepnutém stavu částečně kompenzován, lze dosáhnout pro praxi dostatečného potlačení signálu. Musíme si uvědomit, že hlavní význam funkce MUTE při živém hraní je snadné potlačení vstupů, které nejsou právě využívány (např. mikrofony sborů, konferenciéra, nehrající nástroje apod.). V tomto případě není bezpodmínečně nutný vysoký odstup vypnutého kanálu). Vstupní modul používá dva obvody MUTE. První s IC15A a tranzistorem T1 je zapojen za equaliserem před sběrnicemi AUX. Jeho výstup PRE-FADE je připojen k přepínačů S6 až S9.

Na výstup equaliseru je současně konektorem K2 připojen i tahový regulátor (FADER). Protože v běžné pracovní poloze (na horním panelu označené jako 0 dB) je útlum regulátoru asi 10 dB, musí se ztráta zisku nahradit v zesilovači druhého obvodu MUTE (IC15B a T2). Zkratovací propojkou J1 volíme zdroj signálu pro přímý výstup z jednotky (DIR-OUT) - před nebo za tahovým regulátorem.

Tlačítkem S11 připojujeme signál z výstupu equaliseru (EQ-OUT) na sběrnici PFL. Současně se na sběrnici LOGIC připojí napětí -17V/LED. Stisknutí tlačítka PFL je indikováno LED LD5.

Signál MUTE pro řízení JFET tranzistorů generuje obvod s tranzistory T3 a T4. Pokud jsou všechny spínače S17 až S20 (M1 až M4) rozepnuty nebo není signál na sběrnici M1 až M4 a také hlavní vypínač MUTE na vstupní jednotce (S10) je rozepnut, tranzistor T3 je nevodivý a na výstupu MUTE je záporné napětí (přes R107 a R109). Současně je nevodivý i tranzistor T4 a LED LD4 nesvítí. Pokud se přes spínač S10 nebo některou z předvoleb S17 až S20 dostane záporné napětí -17V/LED na odpor R108 a bázi T3, tranzistor T3 se otevře, řídicí napětí MUTE se přiblíží k nule a tím se otevřou i JFET tranzistory T1 a T2. Současně se otevře i T4, čímž se rozsvítí indikace s LD4 (jednotka vypnuta).

Každý vstup lze poslat do osmi výstupu AUX. Potenciometry P9 až P16 (AUX 1 až AUX 8) jsou vždy po dvou připojeny na přepínače S6 až S9, kterými připojujeme signál před nebo za fader. Za druhým obvodem MUTE (za tahovým regulátorem) je obvod panoramy s potenciometrem P17. Pro náhradu ztráty zisku na P17 a jako impedanční oddělovač je zapojen obvod IC16. Výstupy (LEFT, RIGHT, SG1 až SG8) se připojují přepínači S12 až S16. Zapojení výstupních obvodu je na obr. 6.

Správná úroveň zpracovávaného signálu je velmi důležitá s ohledem na možné přebuzení (a tím i značný nárůst zkreslení) stejně jako zhoršený odstup s/š při zbytečně nízké úrovni signálu. Proto je každá jednotka vybavena kontrolou úrovně signálu se čtyřmi LED. Schéma zapojení VU-metru je na obr. 7. Pro jednoduchost je použit jednocestný usměrňovač s diodou D13. Usměrněný signál je filtrován kondenzátorem C50. Protože pro signalizaci přítomnosti signálu by úbytek napětí na D13 byl příliš velký, je vstupní signál připojen přímo na vstup komparátoru IC17A. Ten pak spíná sice jenom v kladných půlvlnách, ale pro identifikaci to postačuje. VU-metr je řešen čtyřnásobným komparátorem LM339. Napěťové reference pro jednotlivé úrovně jsou dány odporovým děličem R154 až R157. Spodní tři LED tak indikují přítomnost signálu, 0 dB a +6 dB. VU-metr je připojen na výstup equaliseru (před fader).

Špičkový indikátor je tvořen samostatným obvodem kolem IC17D. Signál PEAK je sčítán z několika míst obvodu, ve kterých by mohlo dojít k přebuzení. Pokud je kdekoliv překročena úroveň -4 dB pod prahem limitace, rozsvítí se LED LD6 (PEAK).

Jednotlivé vstupní (samozřejmě že i výstupní) moduly jsou vzájemně propojeny řadou sběrnic. Ty jsou zhotoveny z plochého 50-žilového kabelu, opatřeného konektory řady PSL/PFL. Zapojení sběrnice konektoru K3 je na obr. 8. Ve spodní části je současně zapojení napájecích obvodů pro audio (filtrační a blokovací kondenzátory se sériovými odpory R162 a R163). Napájecí napětí pro mixážní pult je rozděleno do dvou větví. Výhradně pro napájení nf větve je určeno napětí ±17 V. Signální obvody (LED a VU-metr) je napájen ze zdroje ±17V/LED. I když jsou všude použity LED s nízkou spotřebou (2 mA), oddělené napájení nf a signálových obvodů vylučuje případné nežádoucí přeslechy (lupance) způsobené připojením (nebo odpojením) některé LED. Napájecí vodiče jsou z důvodů vyšší spolehlivosti na konektoru znásobeny (pro nf 4x, pro signalizaci 2x).

Deska konektorů

Všechny vstupní i výstupní konektory jsou umístěny na pomocné desce s plošnými spoji.

Schéma zapojení je na obr. 9. Ta je s hlavní vstupní deskou propojena plochým 20-žilovým kabelem. Do desky konektorů je kabel zapájen s použitím dvouřadého samořezného konektoru LPV-20. K hlavní desce se připojuje konektorem PSL/PFL. Na desce nejsou mimo konektorů žádné další součástky. Propojení vstupního a výstupního konektoru insert (pokud není do výstupu insert K3 zasunut jack) zajišťují přepínací kontakty v konektoru K3. Pro omezení přeslechů mezi vodiči jsou signálové vodiče na plochém kabelu proloženy zemnicími.

Stavba

Vstupní modul je zhotoven na dvoustranné prokovené desce s plošnými spoji o rozměrech 500 x 60 mm. Všechny LED, umístěné pod tlačítkovými přepínači, jsou montovány ze strany spojů. Protože by osazení na LED mohlo zasahovat do desky spojů, je v místech montáže LED obrys desky o 2,5 mm vykrojen. Zbývající součástky jsou již montovány běžným způsobem. Vzhledem k tomu, že tato konstrukce není určena začínajícím amatérům, pro zkušenějšího elektronika nebude osazení desky činit žádné problémy. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 10, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 11, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 12.

Pomocná deska konektorů je zhotovena též na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 35 x 110 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 13, obrazec desky ze strany součástek (TOP) je na obr. 14, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 15.

Závěr

Tato konstrukce nepatří sice k nejjednodušším, ale vzhledem k poměrně nekompromisnímu návrhu, kdy byl kladen důraz především na dosažení dobrých technických parametrů a vysokého komfortu obsluhy se domnívám, že nalezne zejména mezi zvukaři-elektroniky kladný ohlas. Některé dřívější konstrukce z této oblasti provázely problémy při zveřejňování (ztráta podkladů při krádeži počítače, zásadní změna práce při přechodu na nový návrhový systém apod.). Proto se budeme snažit tuto konstrukci i přes její značný rozsah dokončit co nejdříve.

Pro případné zájemce budou zajištěny dodávky desek s plošnými spoji včetně všech hlavních elektrických i mechanických dílů.

Pokračování

Seznam součástek

deska vstupů A561

odpory 0204

R1	6,8 kΩ
R2	6,8 kΩ
R3	10 kΩ
R4	10 kΩ
R5	2,2 kΩ
R6	10 kΩ
R7	10 kΩ
R8	1k1 Ω
R9	1k1 Ω
R10	100 Ω
R11	22 kΩ
R12	100 kΩ
R13	100 kΩ
R14	22 Ω
R15	22 Ω
R16	10 Ω
R17	10 kΩ
R18	20 kΩ
R19	51 kΩ
R20	20 kΩ
R21	15 kΩ
R22	5,1 kΩ
R23	20 kΩ
R24	5,1 kΩ
R25	15 kΩ
R26	15 kΩ
R27	15 kΩ
R28	47 kΩ
R29	47 Ω
R30	47 Ω
R31	10 kΩ
R32	5,1 kΩ
R33	10 kΩ
R34	5,1 kΩ
R35	5,1 kΩ
R36	10 kΩ
R37	5,1 kΩ
R38	10 kΩ
R39	10 kΩ
R40	10 kΩ
R41	10 kΩ
R42	10 kΩ
R43	1 kΩ
R44	1 kΩ
R45	1 kΩ
R46	9,1 kΩ
R47	9,1 kΩ
R48	1 kΩ
R49	15 kΩ
R50	4,3 kΩ
R51	10 kΩ
R52	10 kΩ
R53	10 kΩ
R54	10 kΩ
R55	22 kΩ
R56	39 kΩ
R57	39 kΩ
R58	1 kΩ
R59	18 kΩ
R60	51 kΩ
R61	2 kΩ
R62	2 kΩ
R63	2,2 kΩ
R64	2,2 kΩ
R65	51 kΩ
R66	51 kΩ
R67	51 kΩ
R68	51 kΩ
R69	2,2 kΩ
R70	2,2 kΩ
R71	2 kΩ
R72	2 kΩ
R73	51 kΩ
R74	10 kΩ
R75	10 kΩ
R76	10 kΩ
R77	1 kΩ
R78	18 kΩ
R79	22 kΩ
R80	10 kΩ
R81	20 kΩ
R82	20 kΩ
R83	30 kΩ
R84	30 kΩ
R85	30 kΩ
R86	30 kΩ
R87	30 kΩ
R88	30 kΩ
R89	20 kΩ
R90	20 kΩ
R91	47 kΩ
R92	150 Ω
R93	5,6 kΩ
R94	5,6 kΩ
R95	10 kΩ
R96	10 kΩ
R97	27 kΩ
R99	150 Ω
R100	2,2 kΩ
R101	5,6 kΩ
R102	5,6 kΩ
R103	470 kΩ
R104	22 kΩ
R105	15 kΩ
R106	100 kΩ
R107	100 kΩ
R108	470 kΩ
R109	100 kΩ
R110	1 MΩ

R111	470 kΩ
R112	15 kΩ
R113	15 kΩ
R114	15 kΩ
R115	15 kΩ
R116	100 kΩ
R117	15 kΩ
R118	100 kΩ
R119	100 kΩ
R120	12 kΩ
R121	12 kΩ
R122	12 kΩ
R123	12 kΩ
R124	12 kΩ
R125	12 kΩ
R126	12 kΩ
R127	12 kΩ
R128	33 kΩ
R129	33 kΩ
R130	6,8 kΩ
R131	6,8 kΩ
R132	15 kΩ
R133	10 kΩ
R134	15 kΩ
R135	10 kΩ
R136	12 kΩ
R137	22 kΩ
R138	22 kΩ
R139	22 kΩ
R140	22 kΩ
R141	12 kΩ
R142	22 kΩ
R143	22 kΩ
R144	22 kΩ
R145	22 kΩ
R146	10 kΩ
R147	15 kΩ
R148	15 kΩ
R149	15 kΩ
R150	15 kΩ
R151	20 kΩ
R152	10 kΩ
R153	100 kΩ
R154	8,2 kΩ
R155	390 Ω
R156	220 Ω
R157	100 Ω
R158	1 MΩ
R159	1 MΩ
R160	100 kΩ
R161	22 kΩ
R162	10 Ω
R163	10 Ω
R164	10 kΩ
R165	5,1 kΩ
R166	10 kΩ
R167	5,1 kΩ
R168	5,1 kΩ
R169	10 kΩ
R170	5,1 kΩ
R171	10 kΩ
R172	47Ω
R173	47Ω
R174	100 kΩ
R175	100 kΩ

C1	47 μF/63 V
C2	47 μF/63 V
C3	47 μF/25 V
C4	47 μF/25 V
C5	47 μF/63 V
C6	330 pF
C7	330 pF
C8	330 pF
C9	47 μF/25 V
C10	47 μF/25 V
C11	1000 μF/10
C12	100 nF
C13	100 nF
C14	47 μF/25 V
C15	47 μF/25 V
C16	100 pF
C17	100 pF
C18	100 pF
C19	100 pF
C20	330 pF
C21	22 pF
C22	47 μF/25 V
C23	47 μF/25 V
C24	47 μF/25 V
C25	39 nF
C26	39 nF
C27	68 nF
C28	22 nF
C29	3,3 nF
C30	10 nF
C31	47 μF/25 V
C32	1,5 nF
C33	1,5 nF
C34	47 μF/25 V
C35	47 μF/25 V
C36	47 pF
C37	47 pF
C38	47 μF/25 V
C39	47 μF/25 V
C40	22 pF
C41	47 μF/25 V
C42	47 μF/25 V
C43	100 μF/25 V
C44	22 pF
C45	100 μF/25 V
C46	100 nF
C47	47 μF/25 V
C48	47 μF/25 V
C49	1 μF/50 V
C50	2,7 nF
C51	220 μF/25 V
C52	220 μF/25 V
C53 až C72	100 nF
C73	100 pF
C74	100 pF
C75	100 pF
C76	100 pF
C77	47 μF/25 V
C78	47 μF/25 V
C79	47 μF/25 V
C80	100 nF
C81	100 nF

D1	ZD13V
D2	ZD13V
D3	ZD13V
D4	ZD13V
D5 až D13	1N4148
IC1	SSM2017
IC2 až IC16	NJM4580L
IC17	LM339
LD1 až LD14	LED 3 mm/2 mA
T1	J111
T2	J111
T3	BC559
T4	BC549

J1	JUMP3
K1	MLW20
K2	PSH03W
K3	PSL50W
P1	P16M-5k/C
P2	P16S-M1/E
P3	P16MT-M1/W
P4	P16MT-M1/W
P5	P16S-M1/E
P6	P16MT-M1/W
P7	P16S-M1/E
P8	P16MT-M1/W
P9 až P16	P16M-25k/A
P17	P16MT-M1/W
S1	PBS22D02
S2	PBS22D02
S3	PBS42D02
S4 až S20	PBS22D02

Seznam součástek deska konektorů A560

K1	XLR3F-W
K2	JACK63PREP
K3	JACK63PREP
K4	JACK63PREP
K5	JACK63PREP
K6	LPV-20

Koncový zesilovač 2x 70 W s TDA7294

Do redakce dostáváme často žádost o uveřejnění stavebního návodu na jednoduchý koncový zesilovač s výkonem 2x 50 až 100 W a dobrými vlastnostmi pro kvalitní domácí HiFi aparaturu. Po konstrukční stránce jsou asi nejvhodnější monolitické koncové zesilovače. Pokud pomineme hybridní obvody řady STK, které jsou sice výkonné a některé dosahují i vynikajících parametrů, ale jejich pořizovací cena je přeci jen poněkud vyšší, nabízejí se z dostupných součástek především obvody řady TDA a LM. Pro dnešní konstrukci jsme vybrali typického představitele výkonových koncových zesilovačů od firmy SGS-THOMSON, obvod TDA7294. Obvod se vyznačuje velkým napájecím napětím (±40 V), koncovým stupněm s tranzistory DMOS, výstupním hudebním výkonem až 100 W, malým zkreslením a šumem. Na čipu jsou samozřejmě integrovány ochranné obvody, a to jak proti přehřátí, tak i proti zkratu na výstupu.

Výběr vhodného obvodu je pouze jednou částí návrhu koncového stupně. Druhým (a často složitějším) problémem je i mechanická konstrukce. Vzhledem k napájecímu napětí a vlastní výkonové ztrátě obvodu musí být obvody TDA7294 v každém případě umístěny na chladiči, jinak jsou schopny se zničit přehřátím i přes vestavěnou tepelnou pojistku. Dostatečné chlazení je asi nejvíce limitujícím faktorem při snaze dosáhnout maximálního udávaného výkonu z koncového zesilovače. Proto je třeba zvolit dostatečně dimenzovaný chladič. Z nabídky na trhu jsme vybrali profil ZH-1929 s vnějšími rozměry 216 x 40 mm. Průřez profilem je patrný z obr. 2 - rozložení součástek na desce spojů. Profil se vyznačuje velmi malým tepelným odporem (R_{th} je pouze 0,5 °C/W pro délku profilu 100 mm). Profil je použitelný jak pro koncové tranzistory v klasických pouzdrech TO3, tak i pro montáž monolitických koncových zesilovačů. V této souvislosti je třeba upozornit na fakt, že i dostatečně dimenzovaný chladič neumožňuje trvalý provoz obvodu na plný udávaný sinusový výkon. Při běžné hudební produkci se však pohybuje střední výkon na zhruba asi 10 % maximálního výkonu, což uvedený typ chladiče bez problémů uchladí.

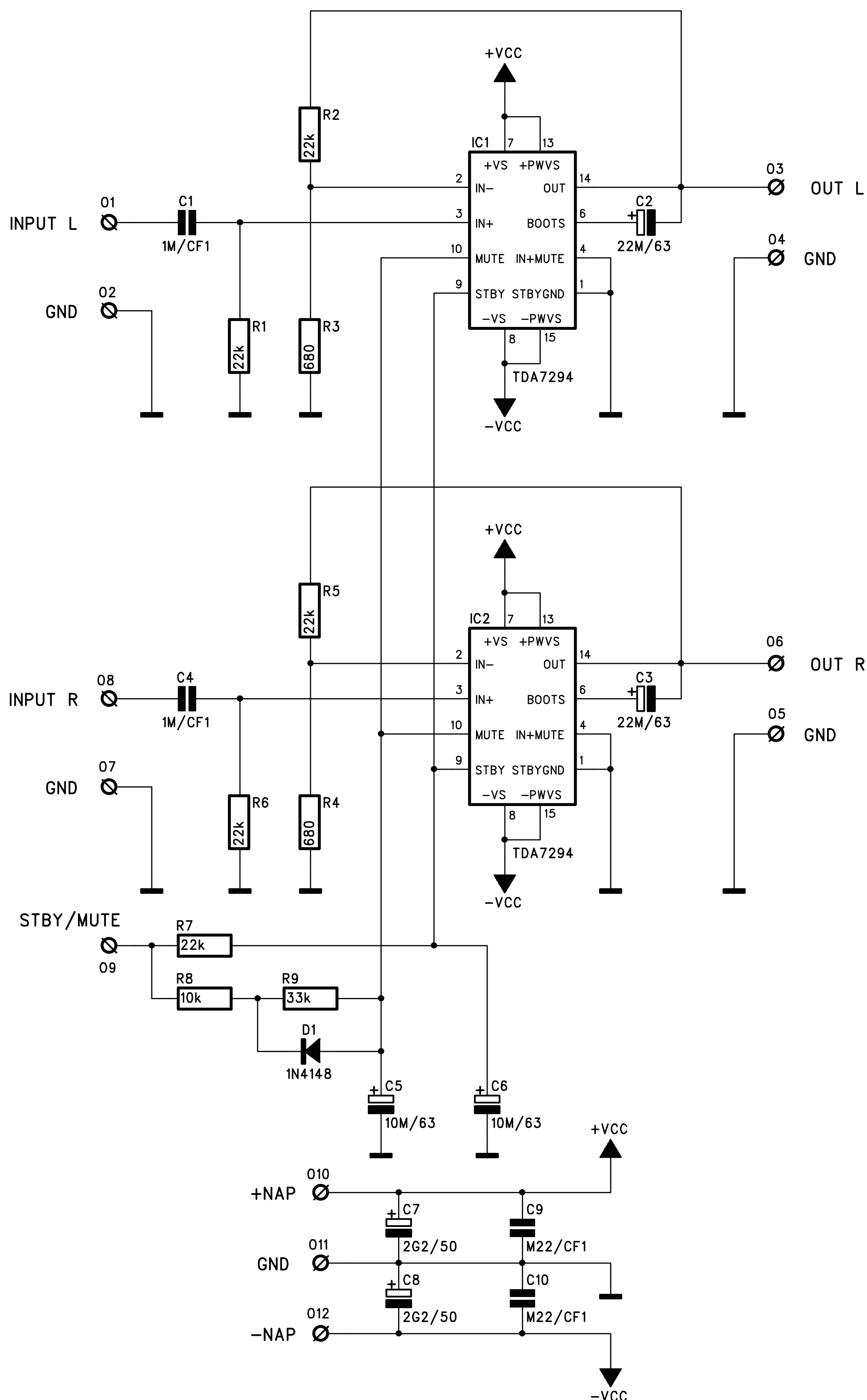
Popis

Schéma zapojení zesilovače je na obr. 1. Vyšli jsme z doporučeného katalogového zapojení výrobce. Pro jednoduchost bylo zvoleno symetrické napájecí napětí, které nevyžaduje výstupní oddělovací kondenzátor. Výhodou obvodu TDA7294 je skutečně minimum externích součástek. Vstupní signál je přiveden přes oddělovací svitkový kondenzátor C1 na neinvertující vstup obvodu TDA7294. Odpor R1 tvoří vstupní impedanci 22 kohmů. Zisk koncového zesilovače je dán poměrem odporů ve zpětné vazbě (R2 a R3). Poslední "nutnou" externí součástkou je tzv. "bootstrap" kondenzátor C2, zvětšující interně napájecí napětí pro budicí stupeň.

Protože obvod TDA7294 je vybaven i samostatnými vstupy pro potlačení signálu (MUTE) a pohotovostní režim (STAND-BY), je

Zatěžovací impedance [ohm]	Nap. napětí [V]
4	±27
6	±31
8	±35

Tab. 1. Doporučené napájecí napětí pro výstupní výkon 70 W



Obr. 1. Schéma zapojení stereofonního koncového zesilovače s obvody TDA7294

ovládání obou funkcí sloučeno opět podle doporučeného zapojení výrobce. Obvod, který tvoří odpory R7 až R9, dioda D1 a kondenzátory C5 a C6, zaručuje zpožděný start po připojení napájecího napětí (omezení lupnutí po zapnutí) a možnost externího ovládání koncového stupně signálem na vstupu STBY/MUTE. Protože modul je koncipován pro stereofonní provoz, je řízení obou koncových zesilovačů propojeno.

Jak již bylo řečeno úvodem, je zesilovač napájen ze symetrického zdroje. Napájecí napětí je závislé od použité zátěže (4 nebo 8 ohmů) a požadovaného výstupního výkonu. Pro udávaný sinusový výkon 70 W jsou následující napájecí napětí uvedena v tab. 1.

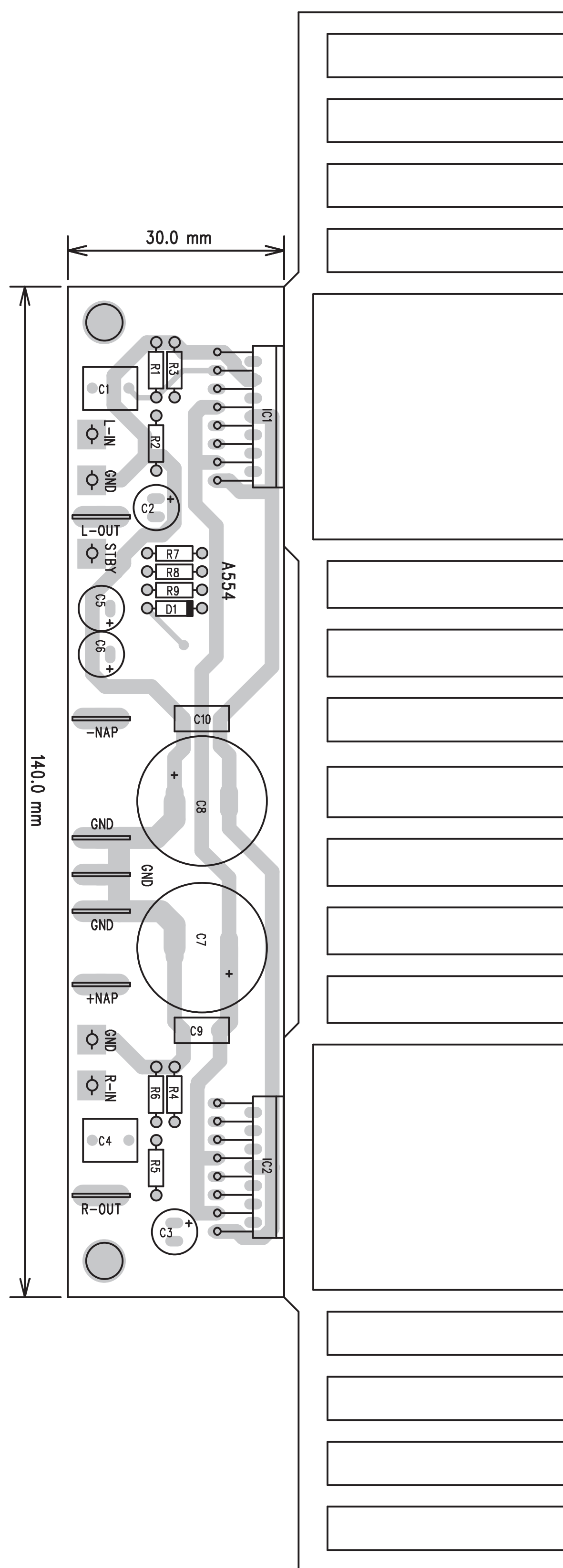
Napájecí napětí je filtrováno kondenzátory C7 až C10. Filtrační kondenzátory jsou umístěny na desce s plošnými spoji. Vzhledem k většímu možnému proudovému odběru ze zdroje není použit usměrňovač na desce s plošnými spoji, ale doporučuji použít usměrňovací můstek v kovovém provedení (kostku) s vývody typu faston, kterou přišroubujeme na kovové šasi zesilovače, případně na jiný vhodný chladič.

Síťový transformátor může být jak v klasickém provedení (EI), tak i toroidní (který doporučuji). Cenový rozdíl mezi oběma typy již není tak velký a toroidní transformátor méně vyzařuje rušivé signály. Dnes je již řada výrobců, kteří dodávají toroidní transformátory prakticky v jakémkoliv provedení.

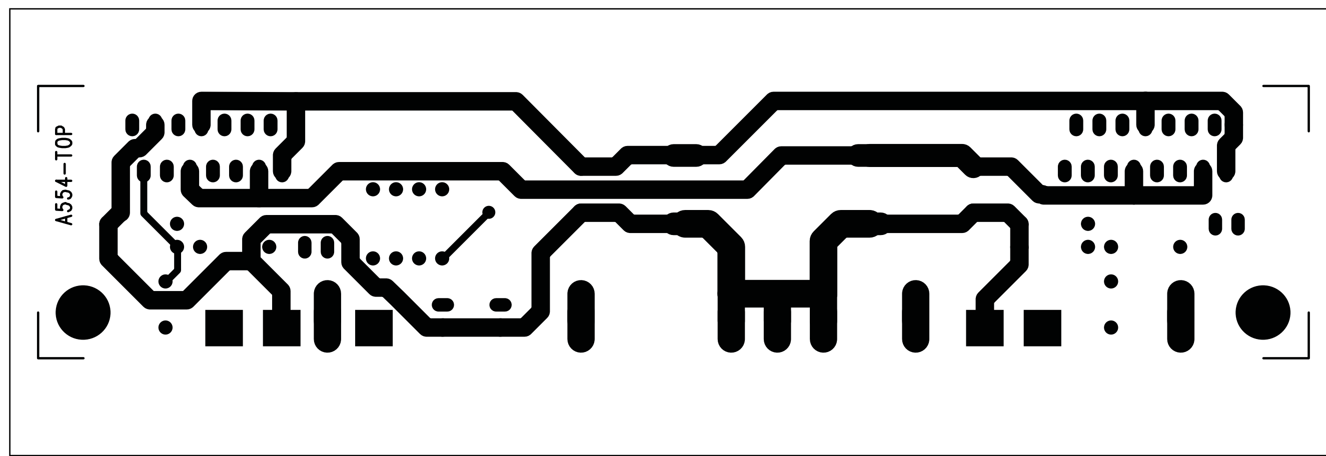
Stavba

Zesilovač je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 30 x 140 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji (včetně použitého chladiče) je na obr. 2. Obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 3, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 4.

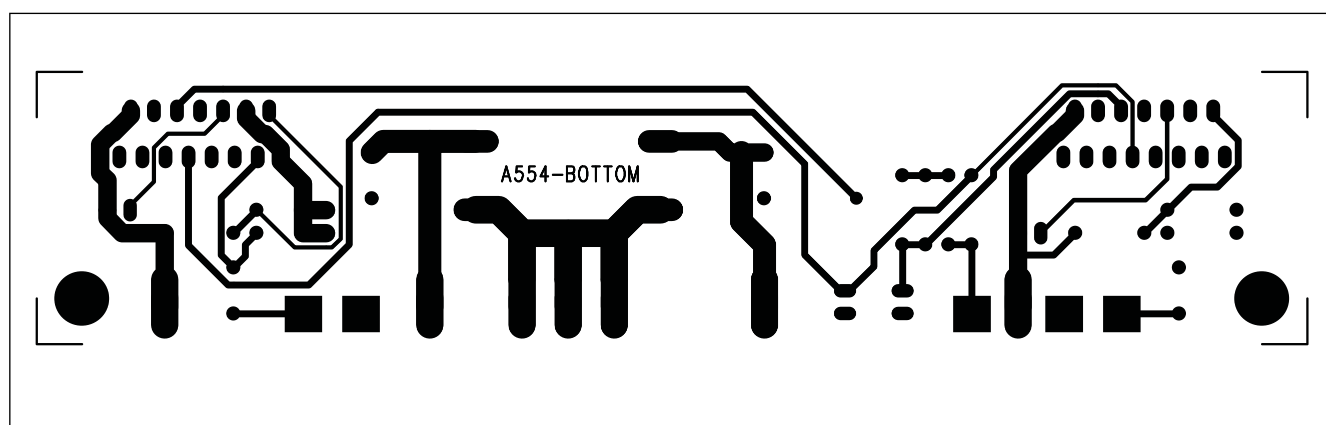
Obvody TDA7294 jsou umístěny na okraji desky tak, aby je bylo možno přišroubovat na zadní plochou stranu chladiče. Protože chladicí křídlo obvodu je spojeno se záporným



Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji zesilovače



Obr. 3. Obrazec desky s plošnými spoji ze strany součástek (TOP). Zvětšeno na 120 % originálu



Obr. 4. Obrazec desky s plošnými spoji ze strany spojů (BOTTOM)

napájecím napětím, musí být obvody na chladič montovány přes izolační podložky (pokud ale neizolujeme celý chladič).

Desku osadíme běžným způsobem od nejmenších součástek po největší. Obvody TDA7294 doporučuji přichytit na chladič a pak zapájet do desky s plošnými spoji. Máme tak zaručeno, že při pozdější montáži budou otvory v chladicích křídlech odpovídat upevňovacím otvorům na chladiči. Protože na desce spojů jsou i relativně těžké filtrační kondenzátory, doporučuji k fixaci desky spojů použít i pomocné upevňovací otvory v rozích desky a nespoléhat pouze na zapájené vývody integrovaných obvodů.

Signálové vývody z desky jsou na pájecích ploškách (můžeme použít i kolíčky s průměrem 1,3 mm a nasazovací "botičky"), výkonové spoje (repro a napájení) jsou na konektorech typu faston.

Po osazení a pečlivé prohlídce desky můžeme připojit napájecí napětí. Protože zesilovač nemá žádné nastavovací prvky, měl by při pečlivé práci fungovat na první zapojení.

Závěr

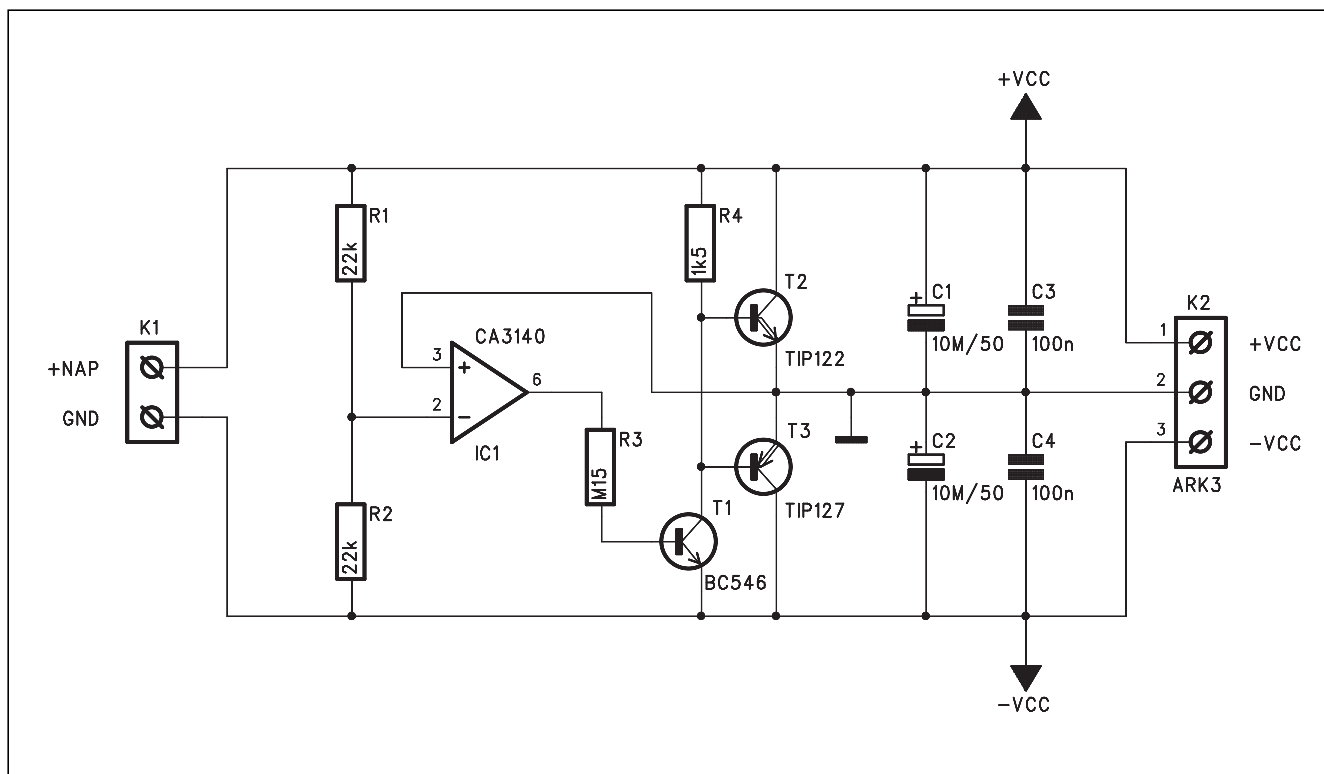
Popsaná konstrukce je jednou z nejjednodušších cest, jak lze dnes zhotovit poměrně jakostní koncový zesilovač pro domácí použití. Stavba je natolik jednoduchá, že ji snadno zvládnou i začínající amatéři. Zájemci o stavbu si mohou objednat samostatnou desku s plošnými spoji A554-DPS nebo kompletní stavebnici včetně desky spojů A554-KIT, případně hotový oživený modul A554-MOD včetně chladiče.

Seznam součástek

odpory 0204

R8	10 kΩ
R1, R2, R5, R6, R7	22 kΩ
R9	33 kΩ
R3, R4	680 Ω
C5, C6	10 μF/63 V
C1, C4	1 μF/CF1
C2, C3	22 μF/63 V
C7, C8	2,2 mF/50 V
C9, C10	220 nF/CF1
D1	1N4148
IC1, IC2	TDA7294

Zdroj symetrického napájecího napětí



Obr. 1. Schéma zapojení zdroje symetrického napájecího napětí

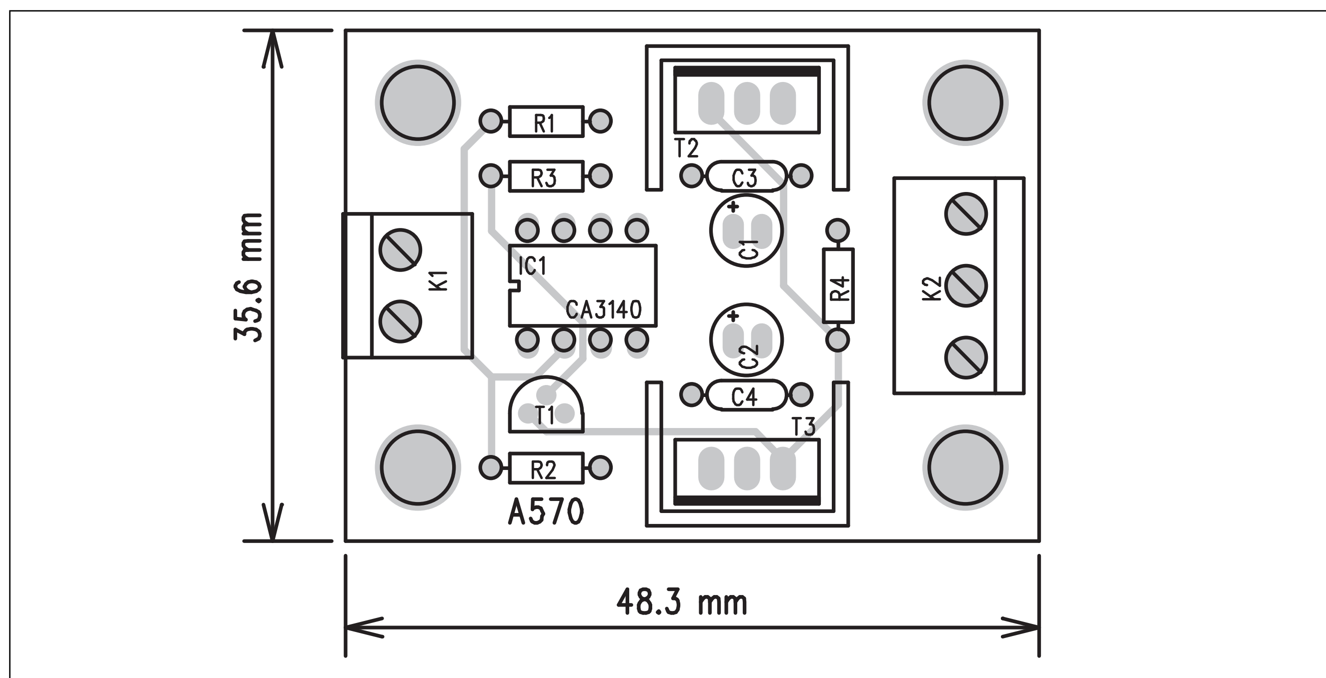
Mnozí z nás vlastní dobrý laboratorní napájecí zdroj, který má ale jednu zásadní vadu - je nesymetrický. V případě potřeby symetrického napájecího napětí (což je bohužel poměrně častý případ) potřebujeme druhý napájecí zdroj. Manipulace s takovouto sestavou je poměrně nepohodlná. Při častém zapínání a vypínání se můžeme snadno přehlédnout a "pustit" do obvodu vyšší napětí, než jaké jsou například operační zesilovače schopné akceptovat. Právě obvody s operačními zesilovači vyžadují často symetrické napájecí napětí při nižší proudové spotřebě. Jednoduchý přípravek, popsaný v následujícím příspěvku, vytváří po připojení k nesymetrickému napájecímu zdroji symetrické výstupní napětí. Odpadá tak nutnost druhého napájecího zdroje a obsluha je podstatně snazší.

Popis

Schéma přípravku pro generování symetrického napájecího napětí z nesymetrického je na obr. 1. Celý vtip je založen na odporovém děliči R1, R2, který půlí výstupní napětí napájecího zdroje. Protože takto vytvořený umělý střed napájení by byl velmi měkký, je za děličem připojen operační zesilovač IC1, který přes tranzistor T1 budí komplementární dvojici koncových tranzistorů T2 a T3. Koncové tranzistory pracují v čisté třídě B, tj. bez klidového proudu. Zpětná vazba, zatažená z výstupu zdroje na operační zesilovač (pozor na polaritu, i když se jedná o zápornou zpětnou vazbu, díky invertoru T1 je přivedena na neinvertující vstup IC1). Poměrně robustní koncové tranzistory (TIP122/TIP127) zaručují dostatečnou proudovou zatížitelnost obvodu. Pokud je odběr symetrický, protéká koncovými tranzistory minimální proud.

Stavba

Napájecí zdroj je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 35,6 x 48,3 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 3, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 4. Vstupy a výstupy jsou řešeny šroubovací svorkovnicí s vývody do desky s plošnými spoji. Koncové tranzistory jsou umístěny na malé chladiče, protože, jak již bylo řečeno, při přibližně symetrické zátěži je výkonová ztráta minimální.



Závěr

Popsaný přípravek řeší náhradu symetrického napájecího zdroje při zachování všech vlastností (zvlnění napájecího napětí, vnitřní odpor zdroje apod.) Navíc je práce se zdrojem podstatně pohodlnější než koncert pro dvě ruce při obsluze dvou samostatných napájecích zdrojů.

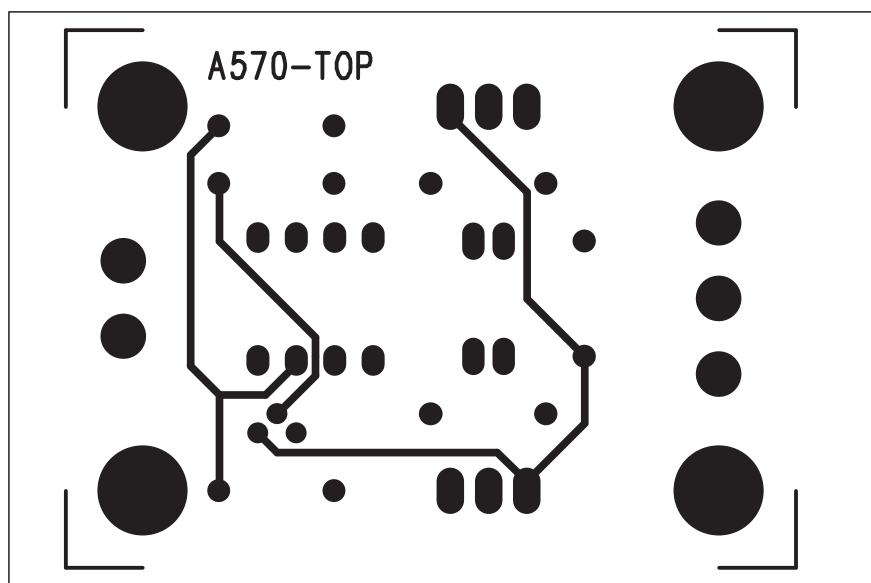
Literatura

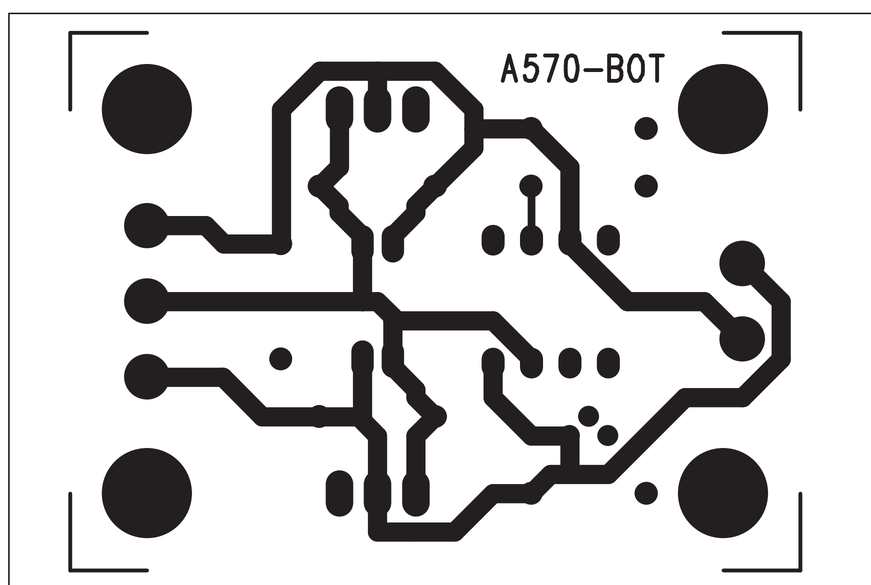
Elektor 7-8/2001, str. 75

Seznam součástek

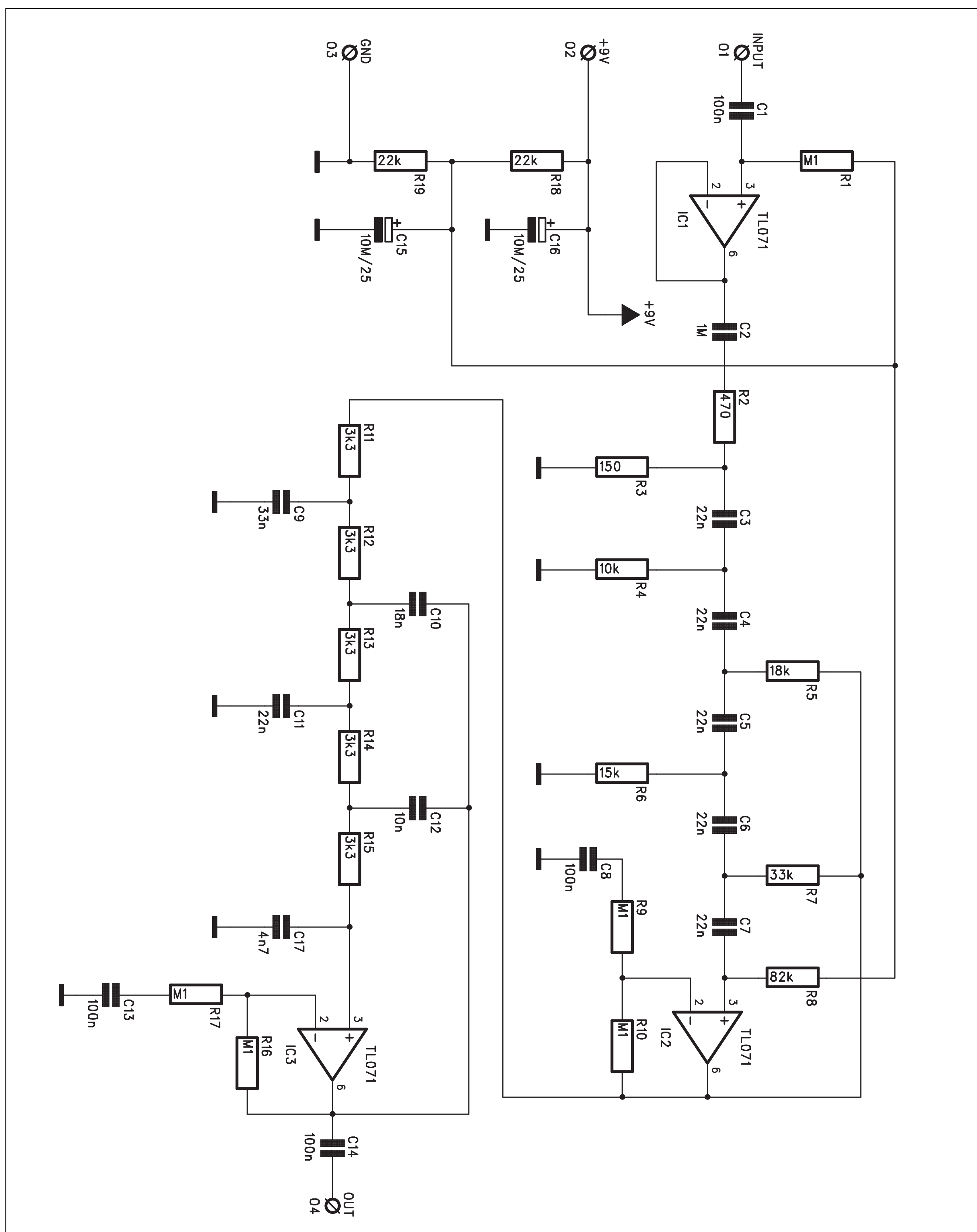
odpory 0204

R1	22 kΩ
R2	22 kΩ
R3	150 kΩ
R4	1,5 kΩ
C1	10 μF/50 V
C2	10 μF/50 V
C3	100 nF
C4	100 nF
IC1	CA3140
T1	BC546
T2	TIP122
T3	TIP127
K1	ARK210/2
K2	ARK210/3





Řečový filtr



Obr. 1. Schéma zapojení řečového filtru pro komunikační techniku

Při přenosu řeči je často výhodné z důvodů lepší srozumitelnosti nebo kmitočtového omezení přenášeného pásma zařadit do cesty signálu filtr, který strmě ořeže okrajové kmitočty. Mezní frekvence takového filtru se obvykle volí 300 až 3300 Hz.

Popis

Schéma zapojení řečového filtru je na obr. 1. V principu se jedná o dva filtry typu Butterworth pátého řádu, které umožňují potlačení postranních pásem se strmostí až 100 dB/dekádu. Vstupní signál je přiveden na sledovač s OZ IC1. Ten zajišťuje nízkou výstupní impedanci pro první filtr - horní propust - s OZ IC2. Protože se předpokládá nesymetrické napájecí napětí +5 až +18 V, je odporovým děličem R18 a R19 vytvořen střed napájecího napětí, které se přes odpory R1 a R8 přivádí na vstupy OZ IC1 a IC2. Z výstupu horní propusti s IC2 pokračuje signál na dolní propust s IC3. V původním zapojení byly použity operační zesilovače OP27, ale obvod bude bez problémů fungovat i s uvedenými OZ TL071

Stavba

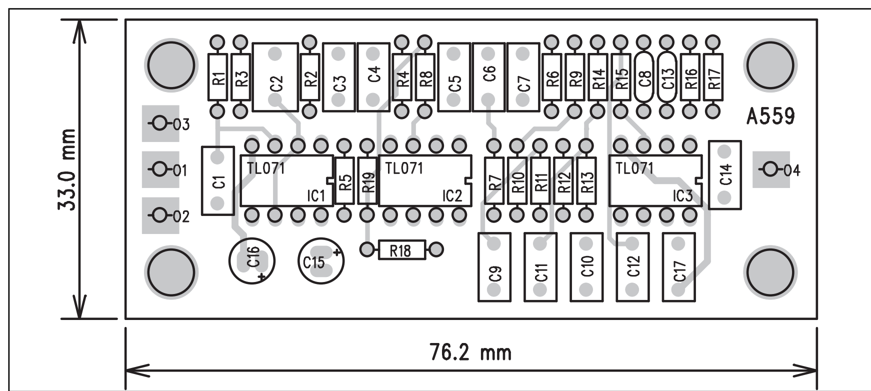
Obvod řečového filtru je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 33 x 76,2 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 3, ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 4. Obvod neobsahuje žádné nastavovací prvky.

Závěr

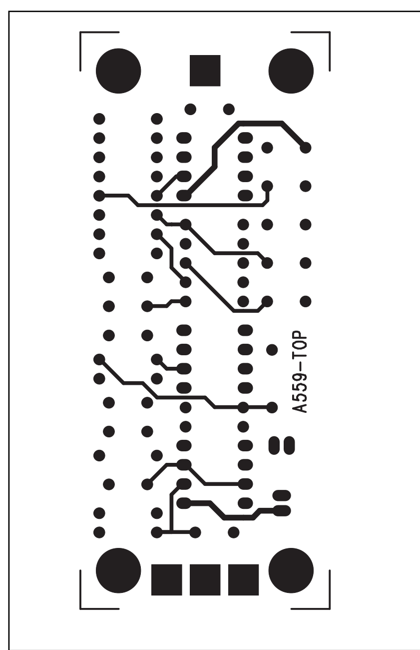
Popsaný filtr nalezne řadu uplatnění zejména v komunikační technice.

Literatura:

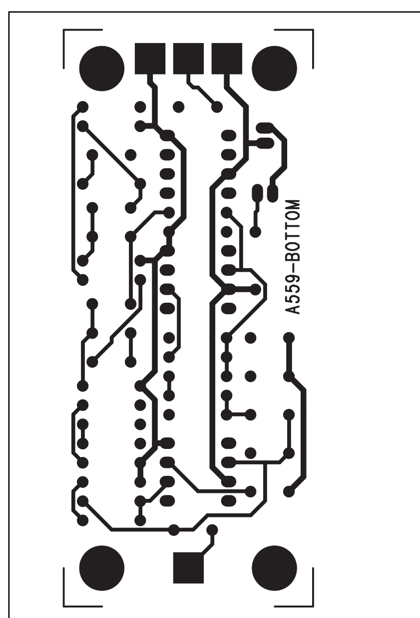
Elektor 7-8/2001, str. 94



Obr. 2. Rozložení součástek



Obr. 3. Strana TOP (M 1:1)



Obr. 4. Strana BOTTOM

Seznam součástek

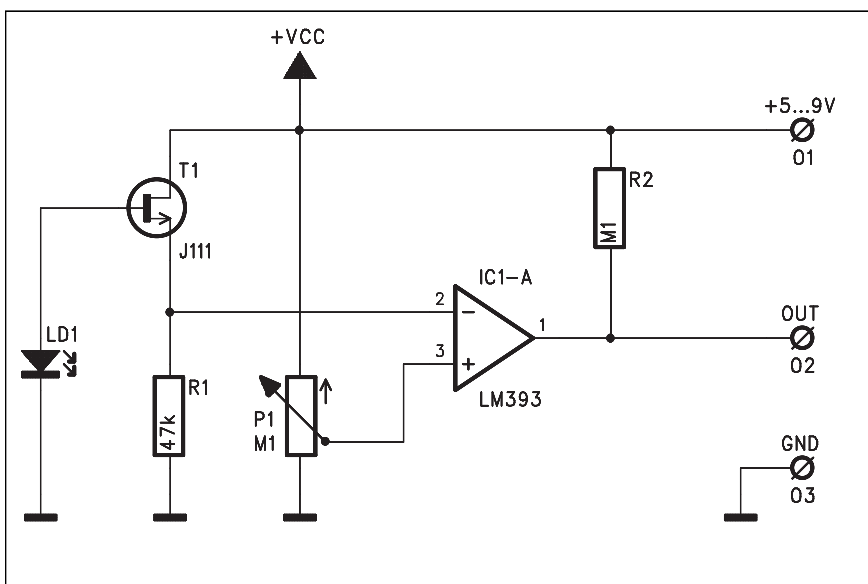
R1	100 kΩ
R2	470 Ω
R3	150 Ω
R4	10 kΩ
R5	18 kΩ
R6	15 kΩ
R7	33 kΩ
R8	82 kΩ
R9	100 kΩ
R10	100 kΩ
R11	3,3 kΩ
R12	3,3 kΩ
R13	3,3 kΩ
R14	3,3 kΩ
R15	3,3 kΩ
R16	100 kΩ
R17	100 kΩ
R18	22 kΩ
R19	22 kΩ
C1	100 nF
C2	1 µF
C3	22 nF
C4	22 nF
C5	22 nF
C6	22 nF
C7	22 nF
C8	100 nF
C9	33 nF
C10	18 nF
C11	22 nF
C12	10 nF
C13	100 nF
C14	100 nF
C15	10 µF/25 V
C16	10 µF/25 V
C17	4,7 nF
IC1	TL071
IC2	TL071
IC3	TL071

Fotosenzor s LED

Není až tak všeobecné známé, že běžná LED nejen emituje světelné záření při průchodu elektrickým proudem, ale též obráceně, při osvícení můžeme na jejích vývodech naměřit napětí, úměrné intenzitě dopadajícího světla. O tomto faktu se můžeme přesvědčit například digitálním multimetrem nebo osciloskopem. Na obr. 1. je jednoduché zapojení fotosenzoru s běžnou LED.

Popis

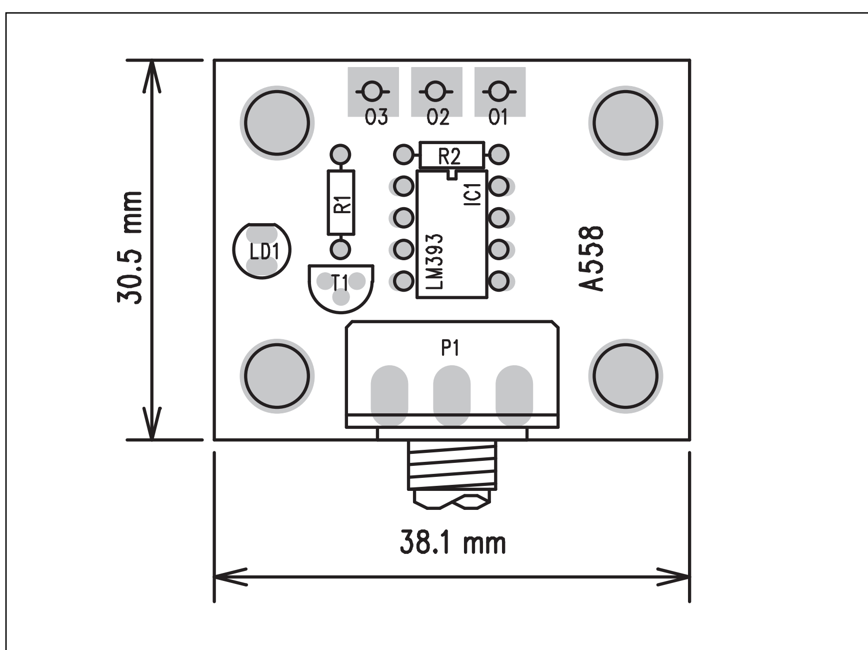
Protože LED je schopna dodávat pouze velmi malý proud do zátěže, musíme ji připojit k dostatečně velkému vstupnímu odporu. Ten zajišťuje JFET tranzistor J111 (T1), zapojený jako emitorový sledovač. Napětí na odporu R1 je komparátorem IC1 porovnáváno se stejnosměrným napětím na běžci potenciometru P1. Tím lze nastavit mezní úroveň, při které se komparátor překlopí. Protože obvod LM393 má výstupní tranzistor s otevřeným kolektorem, musíme výstup připojit přes odpor R2 k napájení. Senzor je napájen ze zdroje +5 až +9 V.



Obr. 1. Schéma zapojení fotosenzoru s LED

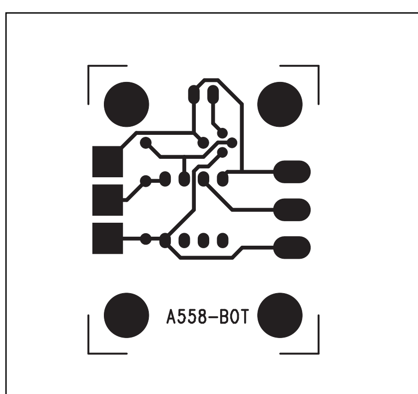
Stavba

Fotosenzor je zhotoven na jednostranné desce s plošnými spoji o rozměrech 30,5 x 31,8 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky s plošnými spoji je na obr. 3. Zapojení je velmi jednoduché a při pečlivé práci by neměl být s oživením žádný problém.



Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji fotosenzoru s LED

Literatura:
Elektor 7-8/2001, str. 61



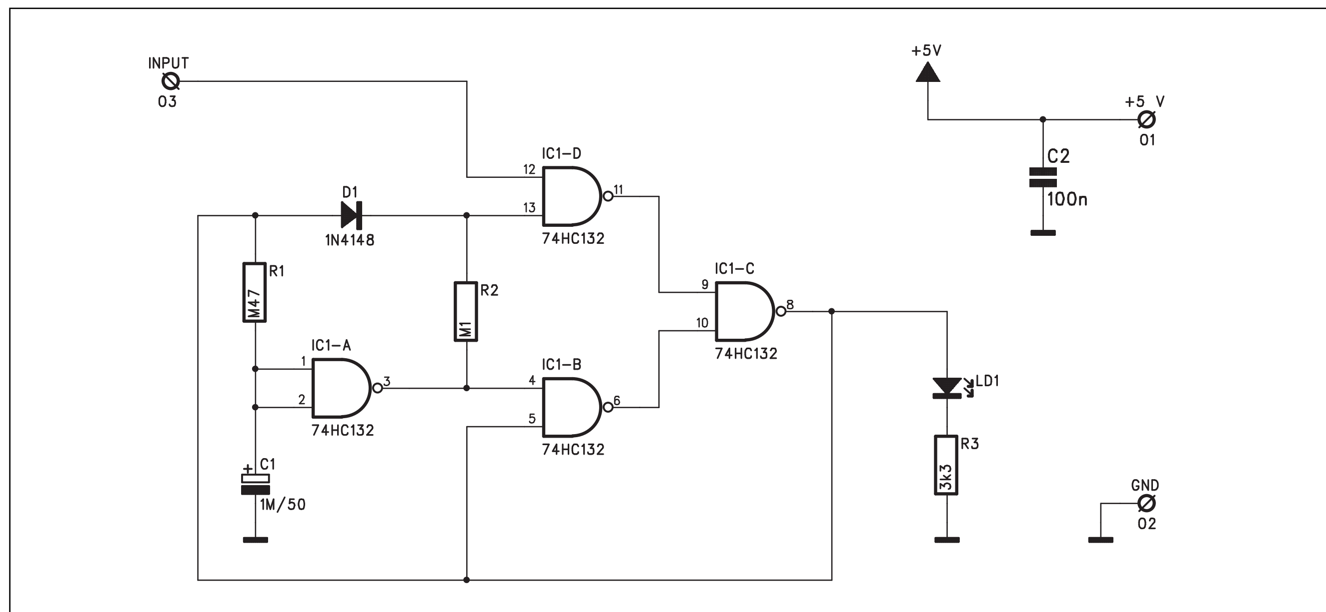
Obr. 3. Obrazec desky spojů

Seznam součástek

odpory 0204

R1	47 kΩ
R2	100 kΩ
IC1	LM393
LD1	LED
P1	P16M-100 kΩ
T1	J111

Indikátor impulsů



Obr. 1. Schéma zapojení indikátoru impulsů

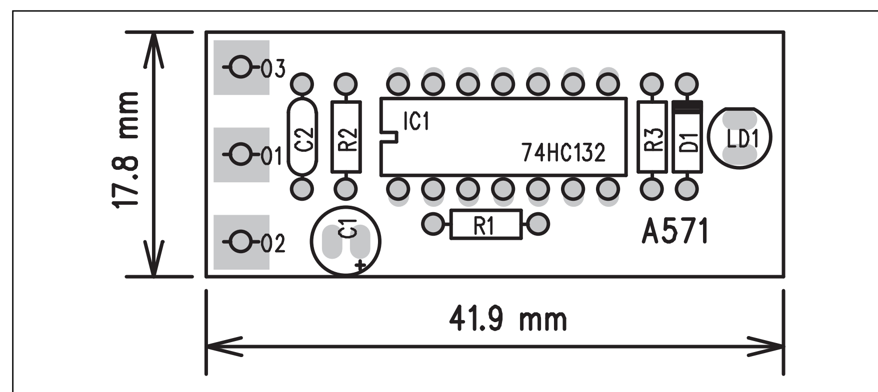
Při testování číslicových obvodů je někdy obtížné bez přístrojů (logická sonda, osciloskop nebo logický analyzátor) zjistit přítomnost krátkých napěťových špiček. Pokud je délka impulsu velmi krátká proti délce periody, nelze signál běžnými prostředky identifikovat. Popsaný obvod je spuštěn i krátkým impulsem a LED na výstupu svítí po dostatečně dlouhou dobu pro bezpečnou identifikaci.

Popis

Schéma zapojení je na obr. 1. Obvod obsahuje minimum součástek a je tvořen čtyřnásobným hradlem 74HC132. Výstup s LED LD1 přejde na dobu asi 100 ms (dána časovou konstantou odporu R1 a kondenzátoru C1) do stavu HI, změní-li se úroveň na vstupu z HI na LO. Po dobu signalizace LED je vstup obvodu zablokován a nereaguje na změny.

Stavba

Obvod je navržen na jednostranné desce s plošnými spoji o rozměrech 17,8 x 41,9 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 3. Stavba je vzhledem k minimu součástek triviální a neměla by činit žádné problémy.

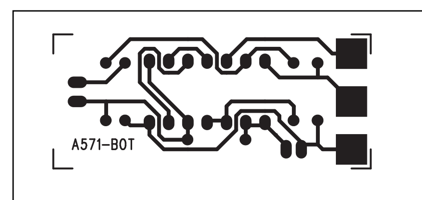


Závěr

Tato jednoduchá pomůcka se uplatní při orientačním testování číslicových obvodů, pokud nemáme k dispozici jiné vhodnější vybavení.

Literatura

Elektor 7-8/2001, str. 78



Obr. 3. Obrazec desky spojů

Seznam součástek

R1	470 kΩ
R2	100 kΩ
R3	3,3 kΩ
C1	1 μF/50 V
C2	100 nF
D1	1N4148
IC1	74HC132
LD1	LED5